

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
кафедра транспорта

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Е.С. Воеводин  
подпись  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

«Совершенствование нормативов и методов оценки  
соответствия объектов транспортно-дорожной инфраструктуры  
(остановочные пункты) требованиям технического регламента о  
безопасности автомобильных дорог»

23.04.01 «Технология транспортных процессов»

23.04.01.02 «Оценка соответствия и экспертиза безопасности на транспорте»

Научный руководитель \_\_\_\_\_ д-р техн.наук, проф. И.М. Блянкинштейн  
подпись, дата

Выпускник \_\_\_\_\_ А.А. Майер  
подпись, дата

Рецензент \_\_\_\_\_ начальник отдела транспорта К.В. Козлов  
подпись, дата

Красноярск 2020

## РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Совершенствование нормативов и методов оценки соответствия объектов транспортно-дорожной инфраструктуры (остановочные пункты) требованиям технического регламента о безопасности автомобильных дорог» содержит 112 страниц текстового документа, 13 иллюстраций, 29 формул, 23 таблицы, 8 приложений, 42 использованных источника, \_\_\_\_ листов презентационного материала.

**ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЕ ПРОИСШЕСТВИЕ (ДТП), БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ (БДД), ОРГАНИЗАЦИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ (ОДД), ОСТАНОВОЧНЫЕ ПУНКТЫ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА (ОП), ВЕРОЯТНОСТЬ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ.**

Остановочные пункты общественного транспорта – это точка скопления значительного числа пешеходов: детей с родителями, людей пожилого возраста, студентов, работающих и т.д. Существует необходимость обеспечения безопасности нахождения на остановках, минимизировать опасность выезда транспортных средств на посадочную площадку и площадку ожидания.

Объект исследования: параметры транспортно-дорожной инфраструктуры (остановочных пунктов).

Научная новизна:

- разработана методика исследования состояния остановочных пунктов городского общественного транспорта на предмет соответствия требованиям нормативно-правовым актам Российской Федерации;
- определены ключевые факторы, влияющие на количество ДТП с пострадавшими на остановочных пунктах городского наземного транспорта;
- разработана методика комплексной оценки безопасности остановочных пунктов городского общественного транспорта.

На основании результатов исследований могут быть разработаны конкретные рекомендации для повышения безопасности остановочных пунктов городского общественного транспорта. При анализе влияния факторов, позволяющих снизить количество ДТП на остановочных пунктах городского общественного транспорта, могут быть выбраны наиболее эффективные технические средства организации дорожного движения для применения их на УДС населенных пунктов России.

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
кафедра транспорта

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Е.С. Воеводин  
подпись  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
в форме магистерской диссертации**

Студенту Майер Анастасии Андреевне  
Группа ФТ18-06М направление (специальность) 23.04.01 «Технология  
транспортных процессов»

Тема выпускной квалификационной работы «Совершенствование нормативов и методов оценки соответствия объектов транспортно-дорожной инфраструктуры (остановочные пункты) требованиям технического регламента о безопасности автомобильных дорог»

Утверждена приказом по университету № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Руководитель ВКР И.М. Блянкинштейн, д-р техн. наук, профессор

Исходные данные для ВКР: сведения о ДТП с пострадавшими за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. в городе Красноярске

Перечень разделов ВКР:

- 1 Анализ состояния вопроса. Цель и задачи исследования.
- 2 Расчет комплексного коэффициента безопасности на участках УДС.
- 3 Методика проведения исследования.
- 4 Результаты проведенного исследования.

Перечень графического материала: Приложение 3 «Презентационный материал»

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_ И.М. Блянкинштейн

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ А.А. Майер  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
1 Анализ состояния вопроса. Цель и задачи исследования.....	8
1.1 Литературный обзор научно-исследовательских работ в области повышения безопасности объектов дорожно-транспортной инфраструктуры.....	8
1.2 Анализ нормативно-правовых актов, регламентирующих требования к остановочным пунктам городского общественного транспорта.....	14
1.3 Размещение остановочных пунктов городского общественного транспорта	19
1.4 Параметры и факторы УДС, влияющие на безопасность дорожного движения.....	20
1.5 Выводы по первой главе .....	34
2 Расчет комплексного коэффициента безопасности на участках УДС .....	36
2.1 Обоснование параметров остановочных пунктов городского транспорта, влияющих на их безопасность .....	36
2.2 Расчет коэффициентов весомости параметров требований безопасности ...	44
2.3 Методы оценки адекватности разработанной модели .....	46
2.4 Выводы по второй главе.....	50
3 Методика проведения исследования.....	51
3.1 Планирование проведения обследования согласно основ теории эксперимента .....	51
3.2 Методика проведения обследования остановочных пунктов для сбора необходимых статистических данных .....	53

3.3 Порядок решения системы линейных уравнений в MS Excel.....	54
3.4 Выводы по третьей главе .....	58
4 Результаты проведенного исследования.....	59
4.1 Анализ результатов проведенного обследования остановочных пунктов .....	59
4.2 Нахождение комплексного коэффициента безопасности для остановочных пунктов г. Красноярска.....	64
4.2.1 Расчет коэффициентов весомости с помощью функции ЛИНЕЙН MSExcel.....	64
4.2.2 Оценка полученных коэффициентов весомости с помощью дополнительной регрессионной статистики .....	73
4.3 Оценка значимости связи каждого из параметров с комплексным коэффициентом безопасности остановочных пунктов .....	77
4.4 Анализ парных эффектов для математической модели комплексного коэффициента безопасности .....	81
4.5 Классификация остановочных пунктов городского общественного транспорта в зависимости от значения комплексного коэффициента безопасности .....	83
4.6 Выводы по четвертой главе .....	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	89
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	91
Приложение А Форма протокола осмотра остановочного пункта городского общественного транспорта .....	90
Приложение Б Сведения о ДТП с пострадавшими на остановочных пунктах за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. ....	92
Приложение В Результаты натурного исследования параметров остановочного пункта городского общественного транспорта.....	96
Приложение Г Результаты натурного исследования остановочных пунктов, на которых за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. не происходили ДТП.....	100
Приложение Д Расчет показателя относительной аварийности.....	102

Приложение Е Результаты расчетов коэффициентов весомости по данным об остановочных пунктах города Красноярска.....	106
Приложение Ж Результаты расчета комплексного коэффициента безопасности для остановочных пунктов города Красноярска.....	108
Приложение З Результаты расчета парных эффектов.....	112
Приложение И Презентационный материал.....	114

## **ВВЕДЕНИЕ**

Остановочные пункты общественного транспорта – это точка скопления значительного числа пешеходов: детей с родителями, людей пожилого возраста, студентов, работающих и т.д. Существует необходимость обеспечения безопасности нахождения на остановках, минимизировать опасность выезда транспортных средств на посадочную площадку и площадку ожидания.

Можно обозначить два способа решения этой проблемы: приблизить обустройство остановочного пункта к требуемому в соответствии с нормативно-технической документацией либо установить заградительные сооружения.

Для того, чтобы разработать комплекс мероприятий по обеспечению безопасности на остановочном пункте городского общественного транспорта требуется дать оценку его состояния, а также обосновать необходимость принятия мер по совершенствованию организации дорожного движения.

Целью данной работы является повышение безопасности объектов дорожно-транспортной инфраструктуры, направленное на совершенствование нормативов и методов оценки соответствия объектов транспортно-дорожной инфраструктуры (остановочных пунктов) требованиям технического регламента о безопасности автомобильных дорог.

В рамках работы необходимо решить следующие задачи:

- провести литературный обзор в области обеспечения безопасности движения и повышения эффективности работы объектов транспортно-дорожной инфраструктуры;
- разработать методику комплексной оценки безопасности остановочных пунктов городского общественного транспорта;
- определить весомость факторов, влияющих на безопасность объектов транспортно-дорожной инфраструктуры.

Объект исследования: параметры транспортно-дорожной инфраструктуры (остановочных пунктов).

Предмет исследования: влияние параметров и применённых технических средств организации дорожного движения на вероятность возникновения ДТП.

Методы исследования: рассмотрение проблемы с позиции системного подхода (рассмотрение и формализация проблемы в комплексе внешних и внутренних факторов). Натурный пассивный эксперимент (сбор статистических данных о ДТП). Формирование статистических данных о ДТП по электронным базам данных. Методы теории вероятностей и математической статистики. Корреляционный и регрессионный анализ.

## **1 Анализ состояния вопроса. Цель и задачи исследования**

### **1.1 Литературный обзор научно-исследовательских работ в области повышения безопасности объектов дорожно-транспортной инфраструктуры**

Актуальность проводимого исследования состоит в том, что возникла проблема, связанная с состоянием аварийности на остановочных пунктах городского общественного транспорта. В соответствии с методикой [1] риск ДТП на остановочных пунктах общественного транспорта социально значим, тяжесть последствий – особо тяжелая, а вероятность – высокая. Однако, на данный момент не существует методики, с помощью которой можно было бы оценить уровень обеспечения безопасности на остановочных пунктах.

С 2008 года имеются многочисленные работы, связанные с организацией работы остановочных пунктов и обеспечением безопасности пассажиров, ожи-



дающих транспорт. Это связано с многочисленными случаями наезда на пешеходов на остановках.

В области обеспечения безопасности дорожного движения работали следующие ученые: В.И. Майоров, В.Ф. Бабков, Е.М.Лобанов, В.В. Сильянов, М.И. Судьин, А.П.Васильев, Н.В. Быстров, В.В.Столяров, М.М.Девятков, В.В.Чванов, И.Ф.Живописцев, Б.Б.Анохин, В.Н. Свежинский, В.В. Улевский. На федеральном уровне разрабатываются программы «Повышение безопасности дорожного движения» на каждый период и утверждаются распоряжением Правительства РФ. На данный момент действует концепция федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2013 - 2020 годах», утвержденная распоряжением Правительства РФ от 27 октября 2012 г. №1995-р.

Зедгенизов А.В. в своей диссертации «Повышение эффективности дорожного движения на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта» [2] также, как и Димова И.П. в диссертации «Повышение эффективности функционирования остановочных пунктов городского пассажирского транспорта и движения транспортных средств в зоне их влияния»[3] рассматривают вопросы снижения задержек транспорта, учитывая требования безопасности, предъявляемые к остановкам. Тем не менее в работах не разработаны конкретные методики для оценки безопасности данного объекта транспортной инфраструктуры.

В 2008 году Кондратьев В.Д. описывает системную модель организации деятельности по обеспечению безопасности дорожного движения, с помощью которой в дальнейшем предлагает процедуру построения комплексной оценки мероприятий программы обеспечения безопасности дорожного движения, что играет центральную при определении уровня безопасности дорожного движения [4].

Построение комплексной оценки осуществляется с использованием матриц логической свертки. Для оценки четырех направлений деятельности выбрана бинарная структура, показанная на рисунке 1.1.

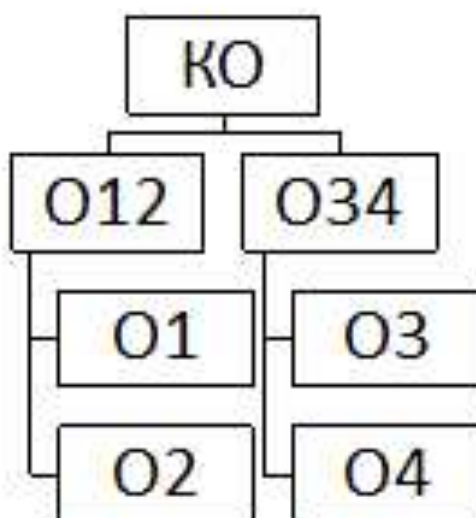


Рисунок 1.1– Бинарная структура для четырех направлений деятельности[4]

В соответствии с разработанной процедурой количественные оценки деятельности по направлениям преобразуются в балльные оценки. В обобщенную оценку двух направлений сначала сворачиваются балльные оценки первого и второго направлений и балльные оценки третьего и четвертого направлений. Затем уже формируется комплексная оценка деятельности.

При большем количестве аспектов функционирования используются наборы разнородных показателей, которые могут характеризоваться как качественными, так и количественными оценками. Структура системы оценочных критериев, как правило, является многоуровневой.

В соответствии с методологией построения комплексной оценки (приоритетности, важности, необходимости и т.д.) системы выделено три относительно независимых направления:

- 1) юридическая проработка проекта;
- 2) социальная востребованность проекта;
- 3) реализуемость проекта.

При оценке систем построение логических матриц свертки позволяет реализовать стратегию предпочтения в процессе проведения оценок.

На рисунке 1.2 показана схема агрегирования оценок по данным трем направлениям в комплексной оценке.



Рисунок 1.2– Бинарная свертка по трем направлениям [4]

При выборе четырех бальной шкалы оценок (от 1 до 4), размерность матрицы свертки будет 4х4.

Если на этапе оценивания проектов уровни социальной востребованности и реализуемости для уполномоченного лица, принимающего решения имеют одинаковую важность, а также оценка уровня юридической проработанности обладает более высоким приоритетом, тогда утверждаются следующие две логические матрицы свертки, приведенные на рисунке 1.3.

$$M_1 = \begin{bmatrix} 3 & 3 & 4 & 4 \\ 2 & 3 & 3 & 4 \\ 2 & 2 & 3 & 3 \\ 1 & 2 & 2 & 3 \end{bmatrix} \quad M_2 = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 3 & 4 \\ 2 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 2 & 3 & 3 \\ 1 & 2 & 2 & 3 \end{bmatrix}$$

Рисунок 1.3 – Матрицы логической свертки

Первая матрица ( $M_1$ ) представляет обобщенную оценку уровня социальной востребованности и уровня реализуемости, которую можно определить как уровень социальной обоснованности [4]. При рассмотрении обеих матриц в совокупности определяется итоговая комплексная оценка проекта. Процедура расчета комплексной оценки приведена на рисунке 1.4.

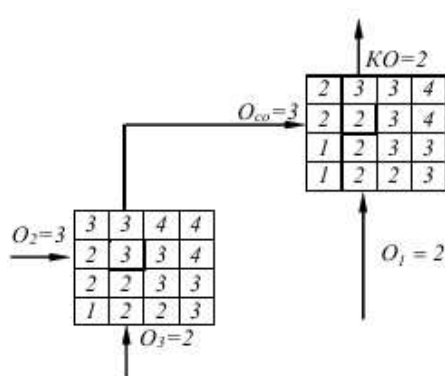


Рисунок 1.4 – Процедура расчета комплексной оценки

Эффективность  $\mathcal{E}$  проекта определяется как частное от деления комплексной оценки на затраты [4]:

$$\mathcal{E}_i = \frac{KO_i}{Z_i}, \quad (1.1)$$

где  $i = 1 \dots n$ , при  $n$  – количество проектов.

Основываясь на предложенной процедуре, появляется возможность оценить представленные в работе меры по повышению безопасности объектов дорожно-транспортной инфраструктуры.

Обеспечение безопасности на остановочных пунктах с точки зрения согласованности параметров маршрутных сетей городского пассажирского транспорта рассматривает Кажяев А.А. в диссертации «Снижение конфликтных ситуаций на остановочных пунктах маршрутных сетей городского пассажирского транспорта». Однако он акцентирует внимание на пропускной способности остановки и отсутствии конфликтов смежных маршрутов, не проводит анализа состояния и обустройства самого остановочного пункта [5].

С 2010 года в связи с участвовавшими актами незаконного вмешательства в процессы функционирования транспортной отрасли ведутся исследования в области обеспечения безопасности и борьбы с террористическими угрозами. В России в этой области работы велись такими учеными, как Станиславский А.Б., Тарасов Ю.А., Титов А.Е., Махутов Н.А., Турыгин В.И., Трофименко Ю.В., Корниенко А.А. В мировой практике достаточно часто встречаются случаи террористических актов на остановочных пунктах, когда автомобиль врезается в скопление людей. Этот метод атаки известен достаточно давно, его называют car-ramming или vehicle-ramming (таран автомобилем).

Спецслужбам гораздо сложнее противостоять таким терактам, чем, например, взрывам: ведь бомбу можно обнаружить с помощью металлоискателя

или обученной собаки — и таким терактам, как правило, предшествует планирование, которое можно отследить.

Работа Клявина В.Э. вносит значительный вклад в определение теоретико-методологических положений уровня системной безопасности дорожного движения [6].

Метод комплексной оценки уровня обеспечения БДД на улично-дорожной сети (УДС) определяется степенью влияния элементов обустройства на риск возникновения ДТП, найденного с помощью экспертных оценок на основе лингвистических переменных. Оценка вида риска для  $e$ -го элемента обустройства проводилась  $j$ -м экспертом в качественной форме. Качественная оценка для возможности обработки результатов переводится в нечёткое число [6]:

$$r_{ej,e} = \overline{1,E}, j = \overline{1,m}. \quad (1.2)$$

Обобщение оценок риска по каждому виду элементов обустройства осуществлялось путём агрегирования оценок экспертов [6]:

$$r_e = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m r_{ej}. \quad (1.3)$$

Для определения комплексной оценки риска возникновения ДТП необходимо оценить вес каждого элемента обустройства на каждом участке УДС и. Однако, учитывая недостаточную корректность данных, провести отдельно качественную оценку веса конкретного элемента обустройства на каждом участке УДС затруднительно. В это случае в качестве оценки весов использованы количественные данные по элементам обустройства на каждом участке УДС, на основе которых и определяется доля (вес) каждого вида элементов обустройства  $v_{eu}$ . Так как количественная оценка элементов обустройства имеет разную размерность, то их необходимо сгруппировать.

Комплексная оценка риска наезда на пешехода на участке УДС и определяется по формуле [6]:

$$O_u = \sum_{e=1}^E \overline{v_{eu}r_e}, u = \overline{1,U}. \quad (1.4)$$

Для определения уровня обеспечения безопасности дорожного движения используется расстояние Хэмминга между парами функций принадлежности. Обобщенное расстояние Хемминга дает линейную оценку расстояния между

нечеткими конечными множествами А и В, заданных на одном и том же Х по формуле [6]:

$$d(A, B) = \left| \mu_A(x_1) - \mu_B(x_1) \right| + \dots + \left| \mu_A(x_q) - \mu_B(x_q) \right|, \quad (1.5)$$

где  $q = \overline{0,21}$  – количество значений, на которое разбивается интервал универсального множества с шагом 0,05.

Разработка научно-обоснованного теоретико-практического инструментария для обеспечения безопасных условий движения транспортного потока, уменьшения дорожно-транспортной аварийности позволила комплексно оценить уровень риска возникновения ДТП. Однако предложенная Клявиным В.Э. комплексная оценка не позволяет установить вероятность ДТП в зависимости от параметров, регламентируемых нормативно-технической документацией, для конкретного объекта дорожно-транспортной инфраструктуры.

Юридические основы требований к остановочным пунктам подробно описывает Саркисова В.Г. в диссертации «Уголовно-правовое обеспечение безопасности объектов транспортной инфраструктуры». В работе рассмотрены требования нормативно-технической документации для объектов транспортной инфраструктуры, зарубежный опыт обеспечения безопасности, а также ответственность за нарушения, недоброкачественный ремонт, вандализм и террористические акты на остановочных пунктах общественного транспорта [7].

Таким образом, рассмотрели основные работы в области обеспечения безопасности дорожного движения на объектах дорожно-транспортной инфраструктуры.

## **1.2 Анализ нормативно-правовых актов, регламентирующих требования к остановочным пунктам городского общественного транспорта**

Вопросами регламентированного обустройства остановок городского общественного транспорта в России занимались ещё в 1986 г., когда вышли «Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах», утвержденные Министерством автомобильных дорог РСФСР. В этом документе были разработаны методы оценки состояния и определены основные требования к элементам транспортной инфраструктуры, в том числе и к автобусным остановкам.

Взамен этому документу в 2002 г. Министерством транспорта РФ были разработаны «Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах». В них были указаны принципы расположения остановоч-

ных пунктов на УДС в населенном пункте, а также некоторые габаритные параметры: длина и ширина «заездного кармана», расстояние от бордюра до площадки ожидания, расположение остановочных пунктов противоположных направлений относительно друг друга.

В 2003 году был введен ОСТ 218.1.002-2003 «Автобусные остановки на автомобильных дорогах. Общие технические требования», в нем впервые были наиболее полно перечислены основные требования к остановочным пунктам общественного транспорта. В документ вошли следующие виды требований:

- технические требования к автобусным остановкам;
- требования к размещению автобусных остановок;
- обустройство автобусных остановок техническими средствами организации дорожного движения.

Так как ОСТ 218.1.002-2003 не выделял требований к остановочным пунктам в населенных пунктах, это было учтено в ГОСТ Р 52766-2007 «Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования».

Согласно ГОСТ Р 52766-2007 остановочный пункт на участках дорог в пределах населенных пунктов должен состоять из следующих элементов:

- остановочная площадка;
- посадочная площадка;
- заездной «карман»;
- боковая разделительная полоса;
- тротуары и пешеходные дорожки;
- автопавильон;
- пешеходный переход;
- скамья;
- урна для мусора;
- технические средства организации дорожного движения (дорожные знаки, разметка, ограждения);
- освещение (при расстоянии до места возможного подключения к распределительным сетям не более 500 м).

При прохождении дорог по территории населенных пунктов остановочные пункты размещают с обеспечением следующих требований:

- на дорогах скоростного и улицах непрерывного движения - вне габаритов проезжей части в непосредственной близости от внеуличных пешеходных переходов, на боковых проездах (в случае их наличия);
- на магистральных дорогах и улицах общегородского значения с регулируемым движением и районных при уровне загрузки не более 0,6 - в габаритах проезжей части;

- на магистральных дорогах и улицах с проезжей частью в одну-две полосы движения в одном направлении при уровне загрузки более 0,6 - в заездных «карманах».

На дорогах скоростного движения и магистральных улицах общегородского значения непрерывного движения остановочные пункты устраивают в заездных «карманах» с переходно-скоростными полосами для замедления и ускорения движения длиной соответственно не менее 100 м и 150 м с уменьшением или увеличением их длины на 10 м соответственно на каждые 10% подъема или спуска продольного профиля.

Остановочные пункты отделяют от основных полос движения боковой разделительной полосой шириной не менее 0,75 м.

Заездные «карманы» на других магистралях должны иметь: участки отгонов по 20 – 30 м, участок торможения по 30 м и разгона по 40 м.

При организации движения автобусного и троллейбусного транспорта троллейбусная остановка должна размещаться перед автобусной.

Остановочные пункты на линиях троллейбуса и автобуса на магистральных улицах общегородского значения (с регулируемым движением) и на магистралях районного значения следует размещать за перекрестком или за наземным пешеходным переходом на расстоянии не менее 25 м и 5 м соответственно.

Допускается размещение остановочных пунктов троллейбуса и автобуса перед перекрестком на расстоянии не менее 40 м в случае, если:

- до перекрестка расположен крупный пассажирообразующий пункт или вход в подземный пешеходный переход;
- пропускная способность улицы до перекрестка больше, чем за перекрестком;
- сразу же за перекрестком начинается подъезд к транспортному инженерному сооружению (мосту, тоннелю, путепроводу) или находится железнодорожный переезд.

Длину остановочной площадки принимают в зависимости от одновременно стоящих транспортных средств из расчета 20 м на один автобус или троллейбус, но не более 60 м.

Посадочную площадку устраивают на границе остановочной площадки.

Длина посадочной площадки должна быть равна длине остановочной площадки, а ее ширина должна быть не менее 2 м. В населенных пунктах в стесненных условиях ширина посадочной площадки может быть уменьшена до 1,5 м.

Возвышение посадочной площадки над остановочной должно быть 0,20 м.



С целью обеспечения безопасных условий движения на перегонах улиц с проезжей частью шириной менее 15 м расстояние между остановочными пунктами автобусов и троллейбусов встречных направлений следует принимать от 30 до 50 м один от другого.

Посадочные площадки на всех остановочных пунктах в районах с холодным климатом должны быть, как правило, оборудованы павильонами для пассажиров, а в районах с умеренным или жарким климатом - навесами.

Размер павильона определяют из расчета 4 чел./м с учетом числа пассажиров, одновременно находящихся в час пик на автобусной остановке.

Расстояние от края проезжей части (остановочной площадки) до ближайшего к ней края павильона должно быть более 3 м.

В павильонах должны быть установлены скамья и урна для мусора.

Павильон должен быть надежно закреплен и быть устойчивым к опрокидыванию.

Остановочные пункты оборудуют дорожными знаками по ГОСТ Р 52289-2004 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств» и дорожной разметкой по ГОСТ Р 51256-2018 «Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования», которые применяют по ГОСТ Р 52290-2004 «Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования».

Для упорядочения движения пешеходов на остановочных пунктах, размещенных у надземных или подземных пешеходных переходов, устанавливают пешеходные ограждения, размещаемые от границы посадочной площадки до пешеходного перехода.

На дорогах с разделительной полосой пешеходные ограждения устанавливают на разделительной полосе на расстоянии по 100 м в обе стороны от места расположения подземного или наземного пешеходного перехода.

Допускается установка пешеходных ограждений у остановочных пунктов с наземными пешеходными переходами. При этом ограждения размещают от начала посадочной площадки до ближайшей границы пешеходного перехода.

На магистральных дорогах и улицах регулируемого движения пешеходные переходы на остановочных пунктах могут быть оборудованы пешеходными светофорами типа П.1 или П.2 по ГОСТ Р 52282-2004 «Технические средства организации дорожного движения. Светофоры дорожные. Типы и основные параметры. Общие технические требования. Методы испытаний».

Светофоры типов П.1 и П.2 устанавливаются на тротуарах с обеих сторон проезжей части, а при наличии островка безопасности на разделительной полосе - и на нем, если число полос движения в одном направлении более четырех.

При установке пешеходных светофоров должна быть обеспечена видимость их сигналов пешеходам с противоположной стороны пересекаемой проезжей части дороги.

Выполнение требований ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог» может осуществляться при выполнении прямых требований, указанных в регламенте или выполнении требований стандартов, сведенных в Перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Таможенного союза. ГОСТ Р 52766-2007 «Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования», согласно которого будет проводиться оценка параметров остановочных пунктов, включен в такой перечень для ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог».

СП 396.1325800.2018 «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования» включён в Перечень документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Свод правил распространяется на проектирование новых и реконструкцию существующих улиц и дорог населенных пунктов. Новый свод правил направлен на обеспечение градостроительными средствами безопасности и устойчивости развития сети улиц и дорог в населенных пунктах, с учетом требований по охране здоровья населения, рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, сохранения памятников истории и культуры, защиты территорий населенных пунктов от неблагоприятных воздействий от автотранспорта, а также для реализации определенных законодательством Российской Федерации социальных гарантий граждан, включая маломобильные группы населения, в части обеспечения их транспортной инфраструктурой.

### **1.3 Размещение остановочных пунктов городского общественного транспорта**

С 2003 года принят в действие ОСТ 218.1.002-2003 «Автобусные остановки на автомобильных дорогах. Общие технические требования». Согласно ОСТ 218.1.002-2003 предъявляются следующие требования.

Автобусные остановки на дорогах I-а категории размещают вне пределов земляного полотна.

Въезды на остановки вне пределов земляного полотна и выезды на основную дорогу могут быть как совмещенные, так и отдельные. Въезды и выезды на таких остановках устраивают в соответствии со строительными нормами для пересечений и примыканий автомобильных дорог.

У пересечений автомобильных дорог на разных уровнях в целях обеспечения безопасности и удобства пересадок автобусные остановки располагают в секторе пересечения, ближайшем к путям движения основных пешеходных потоков.

На дорогах I-а категории автобусные остановки располагают не чаще чем через 3 км.

Автобусные остановки располагают на прямых участках или на кривых с радиусом не менее 1000 м для дорог I-б и II категорий, 600 м - для дорог III категории и 400 м - для дорог IV категории.

Продольные уклоны в местах размещения автобусных остановок не должны превышать 40 %.

В местах размещения остановок должно быть обеспечено расстояние видимости для остановки автомобиля для дорог соответствующих категорий.

Автобусные остановки смещают по ходу движения на расстояние не менее 30 м между ближайшими стенками павильонов. При наличии пешеходных переходов в разных уровнях их можно располагать непосредственно за пешеходным переходом.

В зонах пересечений и примыканий дорог автобусные остановки располагают от пересечений на расстоянии не менее расстояния видимости для остановки автомобиля.

Допускается размещать остановки для автобусов, движущихся в противоположных направлениях, до или после пересечения или примыкания со смещением их по ходу движения на расстояние не менее 30 м между ближайшими стенками павильонов.

На дорогах I-б - III категорий автобусные остановки располагают не чаще чем через 3 км, а в курортных районах и густонаселенной местности - 0,4 км.

ОСТ 218.1.002-2003 применяется на добровольной основе. С 2016 года действует СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», который обязателен к применению.

Согласно СП 42.13330.2016 расстояния между остановочными пунктами на линиях общественного пассажирского транспорта в пределах территории поселений следует принимать, м: для автобусов, троллейбусов и трамваев - 400-600, экспресс-автобусов и скоростных трамваев - 800-1200, метрополитена - 1000-2000, электрифицированных железных дорог - 1500-2000.

С 2019 года действует СП 396.1325800.2018 «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования», который вносит дополнения к требованиям СП 42.13330.2016.

В составе проектов планировки территории должны быть определены параметры сети улиц и дорог: количество и ширина проезжих частей, количество и ширина полос движения, ширина тротуаров, места расположения остановочных пунктов пассажирского транспорта общего пользования, места расположения мест для хранения автотранспортных средств и другие элементы УДС, а также элементы благоустройства и озеленения.

Остановочные пункты общественного транспорта следует размещать в радиусе доступности не более 250 м от входов на объекты рекреации.

Следует обеспечивать удобные и безопасные пешеходные связи от остановочных пунктов и стоянок до входов на территорию, исключая пересечения с путями движения транспорта.

Из всех перечисленных требований можно выделить общее направление в размещении остановочных пунктов: остановочные пункты городского общественного транспорта должны находиться вблизи мест тяготения пешеходов, расположение друг относительно друга на расстоянии 400 – 600 м, а также пути подступа пешеходов к остановочным пунктам должны быть удобны и безопасны.

#### **1.4 Параметры и факторы УДС, влияющие на безопасность дорожного движения**

Для оценки параметров остановочных пунктов городского общественного транспорта прежде всего необходимо определить основные факторы и параметры, которые в общем влияют на безопасность участка УДС.

Такие факторы и параметры можно подразделить на следующие группы (рисунок 1.5):

- геометрические параметры (ширина проезжей части икраевых укрепительных полос, ширина обочин, радиусы кривых в плане, продольные уклоны, радиусы выпуклых и вогнутыхкривых в продольном профиле);
- состояние проезжей части (сцепные качества и прочностьдорожной одежды, ровность);
- условия видимости;
- уровень загрузки дороги движением;
- обеспеченность техническими средствами организации дорожного движения (ТСОДД) и их состояние.

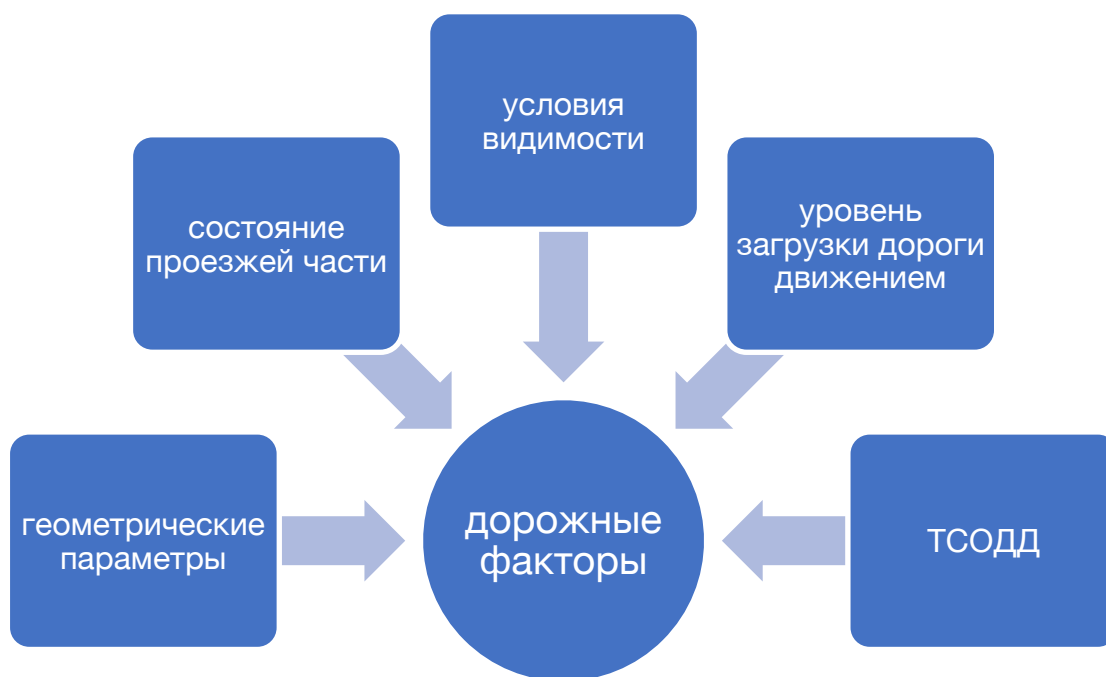


Рисунок 1.5 – Факторы и параметры, влияющие на безопасность дорожного движения

На участки со скользким и неровным покрытием приходится до 75% всех ДТП, связанных с неблагоприятными дорожными условиями, и именно поэтому важнейшим фактором, от которого зависят возможность реализации тяговой силы автомобиля, устойчивость автомобиля против заноса на кривых в плане, возможность безопасного торможения, являются условия сцепления пневматических шин с покрытием дороги.

Коэффициентом сцепления  $\phi$  называют отношение максимального тягового или тормозного усилия (при превышении тормозного усилия начинается пробуксовывание ведущего колеса или проскальзывание заторможенного) к вертикальной нагрузке на колесо.

Нормируют две величины коэффициента сцепления:

- коэффициент продольного сцепления ( $\phi_{пр}$ ) – коэффициент сцепления, соответствующий началу буксования и проскальзывания колеса без воздействия боковой силы (используется при расчетах длины тормозного пути, тяговых расчетах);

- коэффициент поперечного сцепления ( $\phi_{поп}$ ) – поперечная составляющая коэффициента сцепления при смещении колеса под углом к плоскости движения, когда колесо одновременно и вращается, и проскальзывает вбок (в расчетах, как правило, игнорируется).

Значение коэффициента сцепления - важнейший параметр при определении тормозного пути транспортного средства.

Коэффициент сцепления на мокрых и особенно загрязненных покрытиях значительно ниже, чем у сухих. В таких условиях шина должна разрушать грязеводную пленку в зоне контакта с покрытием. Чем выше вязкость пленки и сильнее износ протектора, тем ниже коэффициент сцепления. При сильном износе или малой высоте и расчлененности протектора наличие водной пленки толщиной в несколько миллиметров может вызвать аквапланирование (т.е. нарушение контакта передних колес с покрытием и частичную потерю управляемости автомобилем). Эффект аквапланирования состоит в том, что при большой скорости движения в передней части зоны контакта шины с дорожным покрытием вода не успевает выжаться в стороны. Под шиной образуется водяной клин, дающий гидродинамическую подъемную силу, которая снижает давление колеса на поверхность покрытия. Наблюдения и расчеты показывают, что на гладких покрытиях аквапланирование может возникнуть при толщине пленки 2 - 3 мм. Скорость, при которой возникает аквапланирование, колеблется от 60 до 100 км/ч.

Наихудшие условия сцепления при различных видах зимней скользкости. При наличии на покрытии рыхлого снега коэффициент сцепления главным образом зависит от толщины снежного слоя, его температуры и влажности. У снежного наката (уплотненного колесами снега), характерного для дорог Восточной Сибири, коэффициент сцепления возрастает при температурах ниже  $-25^{\circ}\text{C}$ . Значение коэффициента сцепления изменяется в широком диапазоне в зависимости от действия различных факторов.

Значительная часть неровностей покрытия формируется уже на стадии строительства. В процессе эксплуатации число и размеры неровностей увеличиваются. Ровность покрытия оценивают величиной просветов под 3-метровой рейкой или по показаниям приборов (толчкомеров, фиксирующих вертикальные колебания транспортного средства). При использовании толчкомеров ровность покрытия измеряется величиной суммарного сжатия рессор в расчете на 1 км

дороги ( $S$ , см/км). Измерения ровности толчкомерами производят со скоростью 50 км/ч.

Ровность покрытий оказывает влияние на коэффициент сцепления. С ростом скорости движения по неровной поверхности деформация шины происходит не полностью и уменьшается площадь контакта шины с поверхностью. Это ведет к уменьшению сцепления колеса с покрытием.

Возможность выбора скорости движения, совершения обгонов, количество конфликтных ситуаций, в которые попадает водитель, зависят от степени загрузки дороги. Поэтому к числу важнейших факторов, влияющих на безопасность и удобство движения, относят уровень загрузки дороги движением. Уровень загрузки определяют как отношение интенсивности движения (авт./ч) к пропускной способности дороги (авт./ч).

Различают несколько уровней удобства (уровней загрузки) по условиям движения:

- А – свободный поток;
- Б – частично-связанный;
- В – связанный;
- Г – насыщенный.

Ширина полосы движения и проезжей части являются важными факторами, влияющими на скоростной режим движения. При ширине полосы 3 м во время встречных разъездов безопасность обеспечивается лишь на небольшой скорости. В противном случае возможно столкновение или съезд транспортного средства на обочину. Но на дорогах низших категорий обочина не имеет усовершенствованного покрытия, поэтому съезд на нее может привести к боковому скольжению и опрокидыванию автомобиля.

При ширине полосы 3,5 м возможны безопасные интервалы между встречными автомобилями и между автомобилями и обочинами. Полоса движения шириной 3,75 м полностью обеспечивает необходимую безопасность и допускает встречный разъезд автомобилей без снижения скорости, даже если она близка к предельной у обоих автомобилей.

Для лучшего ориентирования водителей относительно правого края проезжей части и сохранения дорожного покрытия на новых дорогах вдоль проезжей части укладывают краевые полосы шириной до 0,75 м. Наезжать на них не разрешается, однако водитель может уверенно вести автомобиль около самого края проезжей части. На автомагистралях с разделительной полосой краевые полосы устраивают по обеим сторонам.

На вновь строящихся дорогах поверхность обочин часто укрепляют, а на дорогах высших категорий применяют специальные покрытия облегченного типа. Это обеспечивает проезд автомобилей по обочине в случае заторов на

проезжей части, а также исключает оползни обочины и наносы грязи при выезде с нее на проезжую часть. Покрытая жидкой грязью или толстым слоем песка обочина представляет большую опасность. При выезде на нее с большой скоростью вполне возможен занос.

Чтобы исключить влияние на водителей встречных транспортных потоков, на дорогах с несколькими проезжими частями часто устраивают разделительные полосы. Кроме того, они являются преградой для съезда автомобилей с одной проезжей части на другую. На разделительной полосе устанавливают щиты или высаживают частый кустарник, предотвращающие ослепление водителей встречным светом фар. Ширина полосы может достигать 6 м. На узких разделительных полосах иногда устанавливают железобетонные или металлические ограждения.

Существующие в нашей стране нормы видимости для дорог I - IV категорий различны. Для дорог высших категорий, где допускается более высокая скорость, нормируемые расстояния видимости больше. Условия видимости заметно ухудшаются на дорогах с продольными уклонами. На горных дорогах более удаленные участки дороги иногда видны значительно лучше, чем близлежащие. Видимость на криволинейных участках дороги зависит от состояния полосы отвода и прилегающей к ней местности. Каждый поворот с видимостью, меньшей нормируемой, считается закрытым, и, подъезжая к нему, нужно снижать скорость. На дорогах с раздельными проезжими частями для движения в разных направлениях отпадает требование видимости встречного автомобиля.

На других дорогах типичными участками, на которых ограничена видимость, являются закрытые повороты, особенно серпантины на горных дорогах, тоннели и железнодорожные переезды, переломы продольного профиля и перекрестки.

Одним из наиболее опасных мест на дорогах являются перекрестки. На них происходит до 30% всех ДТП. На некоторых перекрестках видимость ограничена, и, чтобы предвидеть возможное появление новых участников движения, водитель должен напрягать внимание, отвлекаться от других объектов. Стесненные размеры многих перекрестков затрудняют, а иногда делают невозможным маневрирование грузовых автомобилей, автобусов и автопоездов.

Технические средства организации дорожного движения (ТСОДД) – это специальные устройства или сооружения, помогающие ориентироваться на дороге и быть в курсе изменений в дорожном движении.

Технические средства организации дорожного движения (ТСОДД) выполняют следующие функции:

- информируют участников ДД о рекомендуемых или обязательных режимах движения;



- обеспечивают наиболее благоприятные траектории движения транспортных средств и пешеходов для предотвращения опасных ситуаций, связанных с выездом транспортных средств за пределы проезжей части;

- информируют участников движения о месте нахождения наиболее существенных объектов тяготения транспортных и пешеходных потоков.

Все ТСОДД по степени воздействия на участников движения можно разделить на две группы (категории):

- непосредственно взаимодействующие с участниками ДД с целью формирования требуемых параметров транспортных и пешеходных потоков (исполнительные);

- обеспечивающие работу исполнительных ТСОДД (вспомогательные).

Исполнительные ТСОДД разделяются на следующие виды:

- 1 дорожные знаки;

- 2 дорожная разметка;

- 3 дорожные ограждения;

- 4 пешеходные ограждения;

- 5 дорожные светофоры;

- 6 направляющие устройства;

- 7 противоослепляющие устройства;

- 8 островки безопасности;

- 9 устройства принудительного снижения скорости (искусственные неровности, сужения проезжей части и т.п.);

- 10 устройства физического ограничения въезда на отдельные территории (стояночные места, пешеходные зоны и т.п.) – шлагбаумы, перемещающиеся тумбы, запирающиеся кронштейны стояночных мест и т.п.

К вспомогательным ТСОДД относятся:

- 1 устройства для установки дорожных знаков;

- 2обеспечивающее оборудование светофорных объектов (дорожные контроллеры, устройства для установки светофоров, кабельные сети);

- 3 оборудование АСУДД (линии связи и оборудование для их работы, оборудование ЦУП АСУД, детекторы транспорта, указатели скорости).

ТСОДД устанавливаются в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52289-2004 «Технические средства организации дорожного движения. Правило применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств». ТСОДД и элементы повышают уровень безопасности дорожного движения.

С другой стороны параметры и факторы, влияющие на безопасность дорожного движения, можно разделить по источникам риска при ДТП. Источники риска делятся на следующие составляющие:

- человек (водитель);
- автомобиль;
- дорога;
- среда.

Из этих компонентов образуется система взаимосвязанных элементов ВАДС. Такая схема позволяет анализировать как систему в целом, так и отдельно подсистемы. На рисунке 1.6 представлена схема взаимосвязанных элементов системы ВАДС.

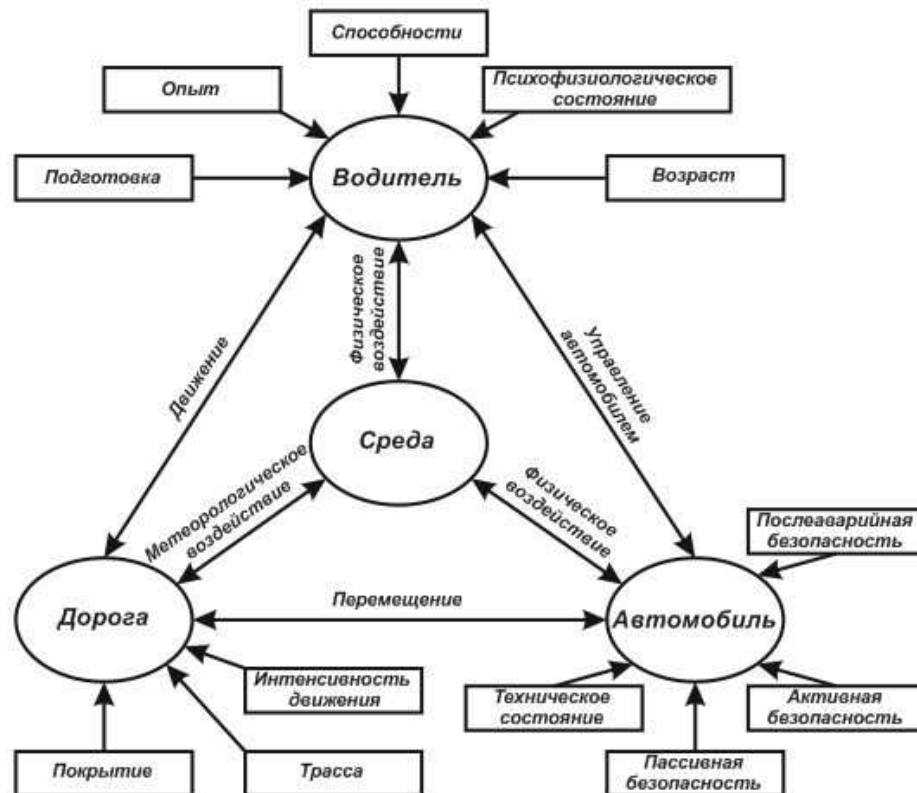


Рисунок 1.6 – Схема взаимосвязанных элементов системы ВАДС [8]

Все компоненты системы ВАДС при их совместном функционировании обладают новым свойством, которое отсутствует у каждого входящего в систему компонента.

Все компоненты системы ВАДС при их совместном функционировании обладают новым свойством, которое отсутствует у каждого входящего в систему компонента.

Каждый из компонентов системы ВАДС может рассматриваться как система более низкого уровня. Таким образом, система обладает иерархией (от греч. hieros – священный и arche – власть), т.е. расположением частей целого в порядке от высшего к низшему. В свою очередь, система ВАДС входит в систему или системы более высокого уровня: транспортные системы региона, стра-

ны, мира, которые включают также другие средства транспорта (железнодорожный, водный, авиационный).

Нарушения в работе каждого из компонентов системы ВАДС приводит к снижению ее эффективности (уменьшению скорости движения, немотивированным остановкам, увеличению расхода топлива) или к аварии (дорожно-транспортному происшествию – ДТП).

Основной характеристикой системы ВАДС является ее надежность. Вообще надежность объекта – свойство выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям пользования, технологического обслуживания, ремонта. Надежность – сложное свойство, складывающееся из более простых (безотказности, ремонтпригодности, долговечности, сохраняемости). Смысловое значение каждого из упомянутых терминов оговорено соответствующими нормативными документами. В зависимости от вида объекта, надежность его может определяться всеми или частью перечисленных свойств. Для объекта «ВАДС» надежность зависит, прежде всего, от безотказности. Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени.

Можно считать установленным, что наименее надежным элементом системы ВАДС является человек. По некоторым данным, из-за ошибок человека – водителя и пешехода – происходит более 80% ДТП.

Между человеком-пешеходом и человеком-водителем, как основными участниками дорожного движения, имеется существенное различие, обусловленное генетически: пешеход при ходьбе выполняет естественные движения и перемещается с естественной для него скоростью, водитель же совершает своеобразные рабочие движения с относительно небольшой нагрузкой, а скорость его перемещения в десятки раз больше естественной. Водитель в транспортном потоке вынужден действовать в навязанном ему темпе, последствия его решений в большинстве случаев необратимы, а ошибки имеют тяжелые последствия.

В инженерной психологии существует понятие надежности человека-оператора, применительно к водителю – это способность безошибочно управлять автомобилем.

Восприятие появляющихся перед водителем объектов начинается с их беглого осмотра, что дает примерно 15...20% информации, затем он сосредотачивается на каждом из них с детальным распознаванием, и это дает еще 70...80% информации. На основании полученной информации водитель создает в своем сознании динамическую информационную модель окружающего пространства, оценивает ее, прогнозирует развитие и производит действия, которые представляются ему адекватными развитию динамической модели. Деятель-

ность водителя как оператора жестко лимитирована по времени. Он должен замечать информацию об окружающей обстановке, выделять из общего потока информации нужную и важную, опираясь на оперативную память запоминать текущие события, связывать их в единую цепочку и подготавливать их связь с предполагаемыми событиями, которые он может предвидеть. На каждом из этапов обработки поступающей водителю информации возможны специфические ошибки, приводящие к ДТП. В текущей деятельности водителя можно отметить четыре этапа: выделение источника информации, его оценка, принятие решения, реализация решения (управляющие воздействия на автомобиль). Каждый из этапов выражается вопросом, на который возможно три ответа: да, нет, ошибочно. На основании анализа действий водителей в нескольких сотнях ДТП составлена схема, приведенная на рисунке 1.7.

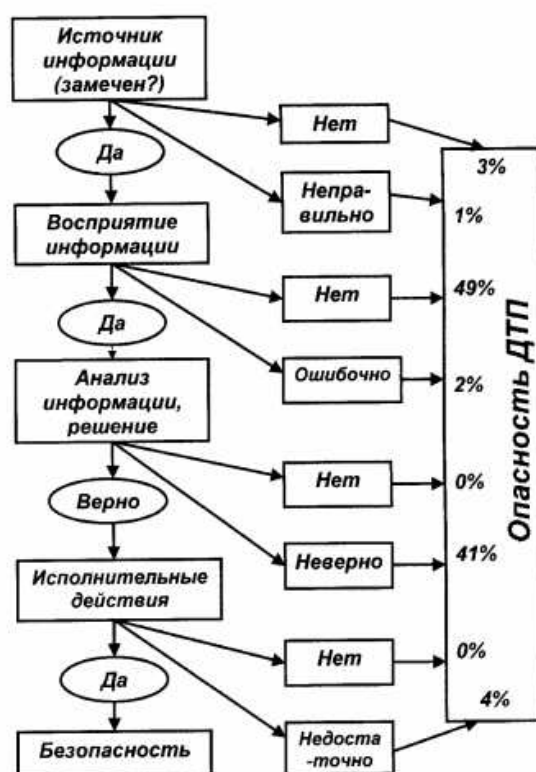


Рисунок 1.7 – Схема принятия решения водителем и возможные ошибки[9]

При этом было установлено, что основными причинами ДТП была замеченная, но не воспринятая информация (49%), а также неверно истолкованная информация (41%). Если информация замечена, воспринята, правильно проанализирована, и предприняты верные и достаточные действия, то движение безопасно, т.е. система ВАДС функционирует безотказно.

Способность к оценке и прогнозированию развития дорожной ситуации определяется многими характеристиками человека-водителя.

Автомобиль как элемент системы ВАДС, ее подсистема, может рассматриваться с различных точек зрения: как объект конструкторской разработки, как объект эксплуатации с оценкой его отказов, как объект технического обслуживания и ремонтов, как элемент системы экономических отношений, возникающих при эксплуатации, а также с многих других точек зрения. В рамках настоящей работы остановимся лишь на некоторых свойствах автомобиля, влияющих на его безопасность, т.е. на вероятность появления и тяжесть ДТП.

Различают активную, пассивную и послеаварийную безопасность транспортного средства.

Активная безопасность – свойство транспортного средства, снижающее вероятность ДТП (предотвращающее его возникновение). Анализ свойств активной безопасности позволяет с определенной степенью условности объединить их в следующие основные группы (рисунок 1.8):

- свойства, в значительной степени зависящие от действий водителя по управлению транспортным средством (тягово-скоростные, тормозные, устойчивость, управляемость, информативность);
- свойства, не зависящие или зависящие в незначительной степени от действий водителя по управлению транспортным средством (надежность элементов конструкции, весовые и габаритные параметры);
- свойства, определяющие возможность эффективной деятельности водителя по управлению транспортным средством (обитаемость и соответствие оборудования рабочего места водителя требованиям эргономики).

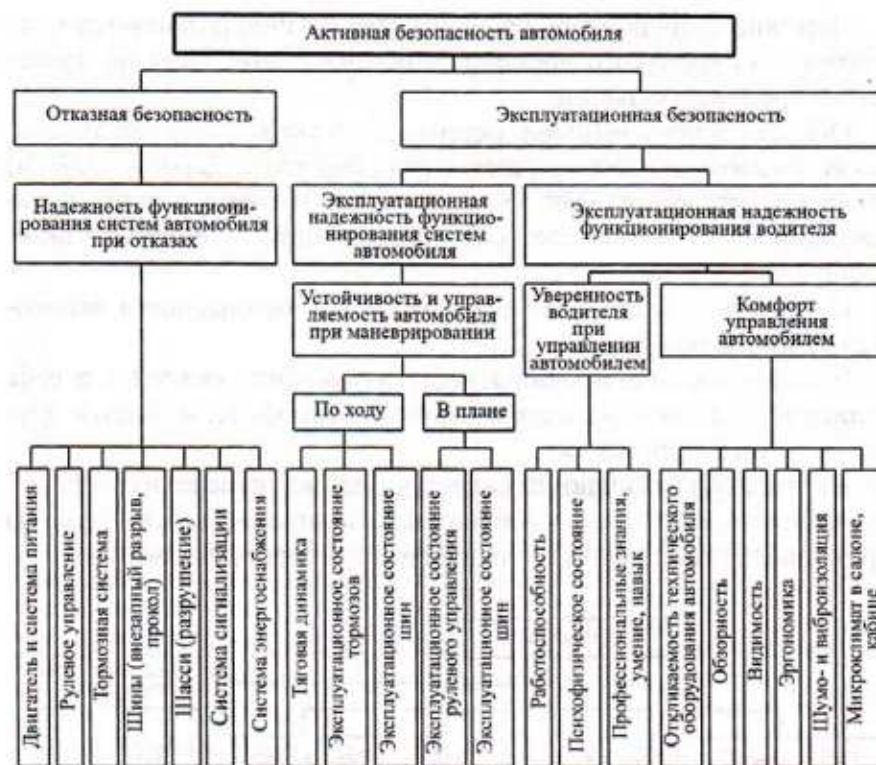


Рисунок 1.8 – Структурная схема активной безопасности[10]

Активная безопасность автомобиля определяется также отсутствием внезапных отказов в конструктивных системах автомобиля, особенно связанных с возможностью осуществления маневра и, как следствие, способностью водителя уверенно управлять системой автомобиль – дорога [10].

Автомобильная дорога – это комплексное транспортное сооружение, включающее проезжую часть и ее обустройство, сооружения, конструкции, элементы, направленные на обеспечение предъявляемых к дороге требований. Важнейшее из них – надежность, т. е. способность обеспечивать безопасное расчетное движение со средней скоростью, близкой к оптимальной, в течение нормативного или заданного срока службы.

Автомобильная дорога как элемент системы ВАДС имеет ряд особенностей, обуславливающих ее надежность.

Дорога создается для водителей и автомобилей. Их свойства и особенности, предъявляемые к ним требования определяют и требования к надежности дороги на всех этапах ее существования – проектирования, строительства, эксплуатации. Дорога должна удовлетворять требованиям безотказности, долговечности и сохраняемости при воздействии транспортных потоков и среды пребывания. Основное условие безотказности дороги состоит в том, чтобы скорость автомобилей на различных участках дороги менялась возможно меньше.

Имеется ряд причин, по которым на любой дороге существует та или иная вероятность возникновения отказа (ДТП).

Дорога – дорогостоящее сооружение. Исправление его недостатков сложно и не всегда возможно. Но и на вновь созданной дороге существует опасность отказов, обусловленных особенностями водителей и автомобилей. 137 Дороги рассчитывают, исходя из предельных скоростей 85% (иногда 95%) свободно движущихся автомобилей. Однако водители могут пользоваться заведомо опасными скоростями. Скорости могут быть опасны и для автомобилей, если они не соответствуют их эксплуатационным характеристикам, например по состоянию тормозной системы.

Безотказность дороги обеспечивается сочетанием прямых и косвенных факторов. Прямые факторы – это дорогостоящие и трудоемкие строительные работы, обеспечивающие элементы дороги: проезжую часть и обочины, продольные уклоны, кривые в плане и другие элементы, определяющие предельные скорости движения. Косвенные факторы – это значительно менее дорогостоящие мероприятия по организации движения, направленные прежде всего на ограничения скорости движения с целью повышения безопасности. Существенны и воздействия, обусловленные межэлементными связями между дорогой и остальными элементами системы ВАДС. Указанные факторы реализуются различным образом, прежде всего в основополагающем принципе проектирований дороги. Еще 10...15 лет назад считалось, что неблагоприятные для движения участки, допущенные при проектировании дороги, будут компенсированы профессиональными качествами водителя и транспортно-эксплуатационными свойствами автомобиля. В настоящее время подход изменился: дорога должна облегчать условия работы автомобиля и водителя, помогая им выбирать надлежащую траекторию и режимы движения.

Можно отметить и такую особенность автомобильной дороги: это единственный элемент системы ВАДС, который круглые сутки в течение целого года, в любом районе страны испытывает все виды воздействий, обусловленные действием среды – суточные, погодные, сезонные и климатические.

Как и у многих объектов, надежность автомобильной дороги закладывается при проектировании, реализуется при строительстве, проявляется и поддерживается в процессе эксплуатации. Ниже перечислены основные критерии ее эксплуатационной надежности [10]:

1) непрерывное безопасное и удобное движение транспортных средств с соответствующими скоростями в условиях свободного движения. При этом расчетными скоростями для легковых автомобилей в равнинных условиях является скорость 120 км/ч для дорог первой категории и до 60 км/ч для дорог пятой категории, а для грузовых автомобилей с грузом – средняя скорость, близкая к оп-

тимальной (по критерию минимума суммарных приведенных затрат на строительство, эксплуатацию дороги и осуществление перевозок за нормативный или заданный срок службы);

2) работоспособность, фактическая по сравнению с требуемой, нормируемая, в первую очередь, по двум показателям – пределам интенсивности движения и наибольшей расчетной скорости;

3) срок службы (фактический по сравнению с требуемым). Верхний предел срока службы достигает трехкратной величины межремонтного срока (по капитальному ремонту), т.е. составляет от 90 лет для 138 цементобетонных дорог до 27 лет для щебеночных и гравийных;

4) степень резервированности по пропускной способности и по прочности дорожной одежды. Этот критерий приобретает особое значение в связи с большим сроком службы дороги – она должна служить и тем автомобилям, которые придут на смену и будут обладать большей грузоподъемностью, повышенными скоростными и тяговыми качествами. Резервирование обеспечивается тем, что за расчетную принимается интенсивность движения, соответствующая ожидаемой на двадцатом году после сдачи дороги в эксплуатацию. При этом уровень загрузки дороги должен остаться приемлемым для дальнейшей эксплуатации;

5) ремонтпригодность, определяемую в соответствии с ГОСТ 27.002-83 и обеспечиваемую для всех сооружений дороги.

На автомобильных дорогах возникают состояния, соответствующие различным видам отказов: частичным или общим, постепенным или внезапным. Если возникла необходимость в ремонте дорожных покрытий, моста, одного из дорожных сооружений, если на том или ином участке дороги скорость движения недопустимо снизилась, то это частичный отказ. Его характерный признак в том, что ремонт производится с сохранением движения на дороге, например, объездом огражденных ремонтируемых мест.

Если работоспособность дороги постепенно снижается, например, разрушается дорожное покрытие, ухудшается микропрофиль дороги, а с ним и плавность хода автомобилей, падают скорость движения и пропускная способность, то наступает постепенный, наиболее типичный, отказ автомобильной дороги, определяемый ее долговечностью. Событие, означающее внезапный и полный отказ автомобильной дороги в целом, наступает сравнительно редко и вызывается разными причинами, например, стихийными бедствиями, катастрофическими разрушениями.

На надежность дороги, автомобиля, водителя может существенно влиять среда. Различают внешнюю среду, в которой пребывают дорога, автомобиль, и внутреннюю среду – среду пребывания людей в автомобиле.



Внешняя среда (в дальнейшем просто среда) имеет ряд особенностей, с которыми надо считаться при оценке или обеспечении надежности дороги, автомобиля, водителя.

1) Среда существует объективно; ее параметры приходится считать заданными. Тем не менее, можно в ряде случаев компенсировать влияние среды на надежность системы ВАДС.

2) Параметры, характеризующие среду, зависят от климата, времени года, времени суток, погоды. Первые три понятия, в отличие от погодных влияний, статистически более устойчивы, лучше прогнозируемы.

3) Факторы, характеризующие среду, разнообразны и меняются случайным образом, среди них выделим: температуру и влажности воздуха, осадки (дождь и снег), туман, облачность и освещенность, продолжительность солнечного и темного времени суток.

4) Среда существенно влияет на элементы системы «дорога-автомобиль-водитель», а иногда и на подсистемы, в которые они входят. Туман, дорога имеют определенные характеристики, однако подсистема «дорога-среда» (дорога в тумане) обладает присущими только ей свойствами.

5) Среда по-разному влияет на элементы системы ВАДС: дорога неразрывно связана со средой, всегда находится под ее воздействием; воздействия эти различны, но климатические – постоянны; автомобиль при должном хранении находится под воздействием среды только в рабочее время, но может эксплуатироваться в любой климатической зоне, в любое время суток; водитель пребывает в течение рабочего времени в среде, опосредствованной автомобилем, предназначенной обеспечивать водителю высокий уровень работоспособности, комфорт (внутренняя среда). Таким образом, работоспособность водителя обусловлена воздействием как внешней (зрительное восприятие), так и внутренней среды.

Влияние среды на надежность системы ВАДС подчинено закономерности: минимальное число ДТП – зимой, весной их число растет, этот рост продолжается все лето и достигает максимума осенью. Влияние среды сказывается и на характере ДТП, соотношении двух основных видов отказов – опрокидывания и столкновения автомобилей, на которые приходится около двух третей всех ДТП с легковыми автомобилями. Зимой максимума достигают столкновения, а опрокидывания минимальны; летом соотношение становится обратным. Уменьшение числа случаев опрокидывания зимой объясняется сужением проезжей части дороги за счет отложений снега и льда и обусловленного этим уменьшения скорости движения. Увеличение числа столкновений осенью и зимой является следствием снижения сцепных качеств покрытия, а также фактического уменьшения ширины проезжей части, поскольку автомобили движутся

ближе к осевой линии дороги, что увеличивает вероятность встречных столкновений. Влияние среды на безопасность движения (БД) может быть и косвенным. Например, рост числа ДТП летом объясняется увеличением интенсивности движения, а повышение аварийности в период октябрь – март обусловлено непосредственным воздействием среды: наибольшим количеством осадков, туманов, пасмурных дней, гололедом, сильным ветром. Суточные изменения среды характеризуются увеличением 148 продолжительности темного времени суток, которое сочетается с противоположно действующим фактором – существенным падением интенсивности движения.

Определив все параметры и факторы, влияющие на возникновение ДТП, можно выделить параметры остановочных пунктов, которые обеспечивают их безопасность.

### **1.5 Выводы по первой главе**

В первой главе магистерской диссертации рассмотрены научные работы в области организации и безопасности дорожного движения, выделены основные методы, используемые при оценке безопасности объектов дорожно-транспортной инфраструктуры.

Проведен анализ нормативно-правовых актов, регламентирующих требования к остановочным пунктам городского общественного транспорта. Обязательными нормативно-правовыми документами, устанавливающими требования к остановочным пунктам городского общественного транспорта являются СП 396.1325800.2018 «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования» и ГОСТ Р 52766-2007 «Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования». Требования приведенных стандартов аналогичны.

Выполнение требований технических регламентов в области обустройства остановочных пунктов городского общественного транспорта обеспечивается в результате применения на добровольной основе ГОСТ Р 52766-2007 «Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования» и СП 396.1325800.2018 «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования».

Для оценки параметров остановочных пунктов городского общественного транспорта обозначили основные факторы и параметры, которые в общем влияют на безопасность участка УДС.

При определении параметров остановочных пунктов городского общественного транспорта, влияющих на их безопасность, необходимо учитывать следующие группы факторов:

- геометрические параметры (ширина проезжей части и краевых укрепительных полос, ширина обочин, радиусы кривых в плане, продольные уклоны, радиусы выпуклых и вогнутых кривых в продольном профиле);
- состояние проезжей части (сцепные качества и прочность дорожной одежды, ровность);
- условия видимости;
- уровень загрузки дороги движением;
- обеспеченность техническими средствами организации дорожного движения (ТСОДД) и их состояние.

С учетом проведенного обзора ставятся следующие задачи, требующие решения в рамках магистерской работы:

- выбрать основные требования, применяемые к объектам транспортно-дорожной инфраструктуры (остановочные пункты), которые оказывают влияние на безопасность;
- сформулировать математическую модель для определения вероятности ДТП на остановочных пунктах;
- разработать классификацию объектов дорожно-транспортной инфраструктуры для определения конкретных рекомендаций по повышению безопасности движения.

## **2 Расчет комплексного коэффициента безопасности на участках УДС**

Согласно СП 396.1325800.2018 «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования» и ГОСТ Р 52766-2007 «Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования» необходимо провести оценку параметров остановочных пунктов городского транспорта и определить их влияние на возникновение ДТП.

### **2.1 Обоснование параметров остановочных пунктов городского транспорта, влияющих на их безопасность**

Согласно СП 396.1325800.2018 остановочный пункт должен состоять из следующих элементов:

- остановочная площадка;
- посадочная площадка;
- автопавильон;

Допускается оборудовать остановочный пункт и другими дополнительными элементами.

Согласно ГОСТ Р 52766-2007 при прохождении дорог по территории населенных пунктов остановочные пункты размещают с обеспечением следующих требований:

- на дорогах скоростного и улицах непрерывного движения - вне габаритов проезжей части в непосредственной близости от внеуличных пешеходных переходов, на боковых проездах (в случае их наличия);
- на магистральных дорогах и улицах общегородского значения с регулируемым движением и районных при уровне загрузки не более 0,6 - в габаритах проезжей части;
- на магистральных дорогах и улицах с проезжей частью в одну-две полосы движения в одном направлении при уровне загрузки более 0,6 - в заездных «карманах».

На дорогах скоростного движения и магистральных улицах общегородского значения непрерывного движения остановочные пункты устраивают в заездных «карманах» с переходно-скоростными полосами для замедления и ускорения движения длиной соответственно не менее 100 м и 150 м с уменьшением или увеличением их длины на 10 м соответственно на каждые 10‰ подъема или спуска продольного профиля.

Остановочные пункты на линиях троллейбуса и автобуса на магистральных улицах общегородского значения (с регулируемым движением) и на магистралях районного значения согласно СП 396.1325800.2018 следует размещать

за перекрестком или за наземным пешеходным переходом на расстоянии не менее 18 м и 5 м соответственно.

При размещении остановочного пункта перед нерегулируемым переходом предусматривают отступы не менее 15 м, а перед регулируемым пешеходным переходом — 5 м.

Допускается размещение остановочных пунктов троллейбуса и автобуса перед перекрестком на расстоянии не менее 25 м при наличии правоповоротного движения и не менее 10 м — при его отсутствии.

Также остановочные пункты или звёздные карманы следует располагать на расстоянии не менее 10 м от въездов-выездов на территории кварталов.

Длину остановочной площадки принимают в зависимости от одновременно стоящих транспортных средств из расчета 20 м на один автобус или троллейбус, но не более 56 м.

Ширина посадочной площадки должна быть не менее 3 м. Возвышение посадочной площадки над остановочной должно быть 0,30 м.

Согласно ГОСТ Р 52766-2007 с целью обеспечения безопасных условий движения на перегонах улиц с проезжей частью шириной менее 15 м расстояние между остановочными пунктами автобусов и троллейбусов встречных направлений следует принимать от 30 до 50 м один от другого.

Посадочные площадки на всех остановочных пунктах в районах с холодным климатом должны быть, как правило, оборудованы павильонами для пассажиров, а в районах с умеренным или жарким климатом - навесами.

Размер павильона определяют из расчета 4 чел./м<sup>2</sup> с учетом числа пассажиров, одновременно находящихся в час пик на автобусной остановке.

Расстояние от края проезжей части (остановочной площадки) до ближайшего к ней края павильона должно быть не менее 3 м, а в стесненных условиях сложившейся застройки не менее 1,5 м.

Остановочные пункты оборудуют дорожными знаками по ГОСТ Р 52289 и дорожной разметкой по ГОСТ Р 51256, которые применяют по ГОСТ Р 52290.

Для упорядочения движения пешеходов на остановочных пунктах, размещенных у пешеходных переходов, устанавливают пешеходные ограждения, размещаемые от границы посадочной площадки до пешеходного перехода.

Параметры остановочных пунктов, которые могут влиять на безопасность остановочных пунктов:

- 1) ширину остановочных площадок следует принимать равной ширине основных полос проезжей части;
- 2) значение длины принимают в зависимости от числа одновременно останавливающихся автобусов и их габаритов по длине, но не менее 20 м;

- 3) дорожную одежду на остановочных площадках следует предусматривать равнопрочной с дорожной одеждой основных полос движения;
- 4) посадочные площадки должны быть приподняты на 0,3 м над поверхностью остановочных площадок;
- 5) ширину посадочной площадки принимают не менее 3,0 м, а длину - не менее длины остановочной площадки;
- 6) длина посадочной площадки должна быть не менее длины остановочной площадки;
- 7) с целью обеспечения безопасных условий движения на перегонах улиц с проезжей частью шириной менее 15 м расстояние между остановочными пунктами автобусов и троллейбусов встречных направлений следует принимать от 30 до 50 м один от другого;
- 8) автопавильон может быть закрытого типа или открытого (в виде навеса). Закрытый павильон должен иметь стены, доходящие до перекрытия павильона не менее чем с трех сторон. Открытый павильон имеет стены, не доходящие до перекрытия, или не более двух стен. Выбор конструкции павильона осуществляют в зависимости от климатических условий района размещения автобусной остановки. В климатических условиях Красноярского края должны быть установлены автопавильоны закрытого типа;
- 9) наличие заездного кармана шириной не менее 2,5 м;
- 10) наличие освещения (при расстоянии до места возможного подключения к распределительным сетям не более 500 м);
- 11) наличие пешеходных ограждений от границы посадочной площадки до пешеходного перехода;
- 12) пешеходный переход размещают между автобусными остановками перед посадочными площадками по ходу движения на расстоянии не менее 5 м;
- 13) расположение остановочного пункта за перекрестком на расстоянии не менее 18 м либо перед перекрестком на расстоянии не менее 25 м;
- 14) наличие разметки, соответствующей требованиям ГОСТ Р 51256;
- 15) наличие дорожных знаков, соответствующих требованиям ГОСТ 10807.

Оценка выполнения требований по каждому критерию в акте осмотра будет осуществляться согласно таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Оценка выполнения требований по критериям в акте осмотра

Проверяемый критерий (параметр, влияющий на безопасность)	Единица измерения	Значение по нормативам
Ширина остановочной площадки	м	следует принимать равной ширине основных полос проезжей части
Длина ОП	м	принимают в зависимости от числа одновременно останавливающихся автобусов и их габаритов по длине, но не менее 20 м
Состояние дорожной одежды		0 – не равнопрочная с дорожной одеждой основных полос движения; 1 – равнопрочная с дорожной одеждой основных полос движения
Высота посадочной площадки	м	не менее 0,3 м
Ширина посадочной площадки	м	принимают не менее 3,0 м
Длина посадочной площадки	м	должна быть не менее длины остановочной площадки
Расстояние ОП относительно друг друга	м	с проезжей частью шириной менее 15 м расстояние между остановочными пунктами встречных направлений следует принимать от 30 до 50 м один от другого
Наличие и состояние автопавильона		0 – отсутствует или поврежден автопавильон; 0,5 – автопавильон открытого типа; 1 – автопавильон закрытого типа
Наличие заездного кармана		0 – заездной карман отсутствует; 1 – наличие заездного кармана
Наличие освещения		0 – освещение отсутствует; 1 – наличие освещения

## Окончание таблицы 2.1

Проверяемый критерий	Единица измерения	Значение по нормативам
Наличие пешеходных ограждений		0 – пешеходные ограждения отсутствуют; 1 – наличие пешеходных ограждений
Размещение пешеходного перехода		0 – пешеходный переход отсутствует либо организован с серьезными нарушениями требований; 0,5 – пешеходный переход имеет незначительные нарушения организации; 1 – пешеходный переход размещен с учетом всех предъявляемых требований
Расположение ОП относительно перекрестка	м	за перекрестком на расстоянии не менее 25 м либо перед перекрестком на расстоянии не менее 40 м
Наличие дорожной разметки		0 – отсутствие, плохая различимость дорожной разметки; 0,5 – дорожная разметка нанесена с незначительными нарушениями 1 – наличие дорожной разметки
Наличие дорожных знаков		0 – отсутствие дорожных знаков либо несоответствие их размещения; 0,5 – дорожные знаки установлены с незначительными нарушениями; 1 – наличие дорожных знаков
Количество раненых	шт.	согласно статистике ГИБДД
Количество погибших	шт.	согласно статистике ГИБДД

Результаты обследования затем обрабатываются согласно таблице 2.2, интерпретирующей данные.



Таблица 2.2 – Коэффициенты соответствия требованиям безопасности для остановочных пунктов общественного городского транспорта

№ п/п	Параметры требований безопасности	Коэффициент	Предлагаемый критерий оценки
1	Ширина остановочных площадок равна ширине основных полос проезжей части	$K_{ш}$	$K_{ш} = \frac{a}{a_0}$ , где $a$ – существующая ширина остановочной площадки, м; $a_0$ – ширина проезжей части, м
2	Соответствие длины в зависимости от числа одновременно останавливающихся автобусов и их габаритов по длине, но не менее 13 м	$K_{д}$	$K_{д} = \frac{b}{b_0}$ , где $b$ – существующая длина остановочной площадки, м; $b_0$ – требуемая длина остановочной площадки в соответствии со СП, м;
3	Дорожная одежда на остановочных площадках равнопрочна дорожной одежде основных полос движения	$K_o$	$K_o = 1$ при соответствии требованию; $K_o = 0,5$ при неоднородном покрытии схожего материала; $K_o = 0$ при грунтовом или песчаном покрытии остановочной площадки с твердым покрытием основной проезжей части
4	Посадочная площадка приподнята на 0,3 м над поверхностью остановочных площадок, ограждена бордюром	$K_v$	$K_v = \frac{h}{0,3}$ , где $h$ – высота посадочной площадки, м
5	Ширина посадочной площадки не менее 3,0 м	$K_{шп}$	$K_{шп} = \frac{a_n}{3,0}$ , где $a_n$ – ширина посадочной площадки, м
6	Длина посадочной площадки - не менее длины остановочной площадки	$K_{дп}$	$K_{дп} = \frac{b_n}{b}$ , где $b_n$ – длина посадочной площадки, м; $b$ – существующая длина остановочной площадки, м

Продолжение таблицы 2.2

№ п/п	Параметры требований безопасности	Коэффициент	Предлагаемый критерий оценки
7	С проезжей частью шириной менее 15 м расстояние между остановочными пунктами автобусов и троллейбусов встречных направлений следует принимать от 30 до 50 м один от другого	$K_{вн}$	$K_{вн} = \frac{r}{r_0}$ , где $r$ – существующее расстояние между остановочными пунктами встречных направлений, м; $r$ – требуемое расстояние между остановочными пунктами встречных направлений, м; $K_{вн} = 1$ при ширине проезжей части более 15 м
8	Наличие пассажирского павильона закрытого типа	$K_n$	$K_n = 1$ при наличии пассажирского павильона закрытого типа; $K_n = 0,5$ при наличии пассажирского павильона открытого типа; $K_n = 0$ при отсутствии пассажирского павильона
9	Остановочные пункты устраивают в заездных «карманах» шириной не менее 2,5 (считается для определенной категории улиц и дорог)	$K_k$	$K_k = \frac{l}{l_0}$ , где $l$ – существующая ширина заездного «кармана», м; $l_0$ – требуемая ширина заездного «кармана», м
10	Наличие освещения (при расстоянии до места возможного подключения к распределительным сетям не более 500 м)	$K_{свет}$	$K_{свет} = 1$ – освещение присутствует; $K_{свет} = 0$ – освещение отсутствует
11	Наличие пешеходных ограждений от границы посадочной площадки до пешеходного перехода	$K_{по}$	$K_{по} = 1$ – наличие пешеходных ограждений; $K_{по} = 0$ – отсутствие пешеходных ограждений

Окончание таблицы 2.2

№ п/п	Параметры требований безопасности	Коэффициент	Предлагаемый критерий оценки
12	Расположение остановочного пункта относительно наземного пешеходного перехода	$K_{пп}$	$K_{nn1} = \frac{c}{2c_0}$ , где $c$ – расстояние от остановочного пункта до наземного пешеходного перехода, м; $c_0$ – требуемое расстояние от остановочного пункта до наземного пешеходного перехода, м
13	Расположение остановочного пункта за перекрестком на расстоянии не менее 18 м либо перед перекрестком на расстоянии не менее 25 м	$K_{пер}$	$K_{пер} = \frac{d}{d_0}$ , где $d$ – расстояние от перекрестка до остановочного пункта, м; $d_0$ – требуемое расстояние от перекрестка до остановочного пункта, м
14	Наличие разметки, соответствующей требованиям	$K_p$	$K_p = 1$ при наличии разметки, соответствующей требованиям; $K_p = 0,5$ при наличии разметки, не соответствующей требованиям, либо разметка изношена менее, чем на 30%; $K_p = 0$ при отсутствии разметки;
15	Наличие дорожных знаков, соответствующих требованиям	$K_z$	$K_z = 1$ при наличии дорожных знаков, соответствующих требованиям; $K_z = 0$ при отсутствии дорожных знаков, соответствующих требованиям

Разрушение и износ горизонтальной разметки по площади согласно ГОСТ 32953-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Разметка дорожная. Технические требования» не должны превышать следующих значений:

- для разметки, выполненной термопластиками, холодными пластиками с толщиной нанесения 1,5 мм и более, полимерными лентами, штучными формами, - 25%;
- для разметки, выполненной красками (эмалями), термопластиками и холодными пластиками с толщиной нанесения менее 1,5 мм, - 50%.

## **2.2 Расчет коэффициентов весомости параметров требований безопасности**

Относительные показатели образуются делением одного абсолютного показателя на другой. Наиболее часто используют такие относительные показатели, как число ДТП, погибших или раненых на 1 млн. км пробега транспортных средств, на 10 тыс. транспортных средств, на 10 тыс. водителей, на 100 тыс. населения, на 100 км автомобильных дорог и т.д.

Удельные показатели применяют для описания структуры аварийности. Наиболее часто используют:

- удельный вес ДТП, совершенных водителями, находящимися в состоянии алкогольного опьянения, в общем числе ДТП по вине водителей;
- удельный вес ДТП по вине водителей транспортных средств отдельных типов в общем числе ДТП по вине водителей;
- удельный вес ДТП отдельных видов в общем числе ДТП;
- удельный вес ДТП в городах, других населенных пунктах, на автомобильных дорогах в общем числе ДТП;
- удельный вес ДТП из-за определенного вида нарушений ПДД в общем числе ДТП;
- удельный вес пострадавших (погибших, раненых) разных категорий участников дорожного движения в общем числе пострадавших (погибших, раненых) и др.

Другой критерий – показатель относительной аварийности  $Z$  – рассчитывается по формуле [28]:

$$Z = A \cdot 10^6 / (365 \cdot N \cdot L \cdot m), \quad (2.1)$$

где  $A$  – суммарное количество ДТП за последние  $m$  лет;

$N$  – среднегодовая суточная интенсивность движения за тот же период;

$L$  – протяженность участка, км. Рассмотренных выше показателей достаточно для выполнения оценки текущего состояния безопасности движения.

Интенсивность движения и состав транспортного потока в конкретном поперечном сечении дороги могут быть определены на основе автоматизированного учета движения, путем натурного наблюдения или рассчитаны с использованием различных методов. Данные об интенсивности движения (фактические или расчетные) могут быть представлены как в физических единицах, так и в приведенных к легковому автомобилю (на ледовых переправах к грузовому автомобилю грузоподъемностью 3 т) [29].

При отсутствии данных автоматизированного учета интенсивности движения ориентировочную оценку среднегодовой суточной интенсивности движения  $N_c$  для автомобильных дорог возможно выполнять на основе замеров максимальных часовых интенсивностей движения ("час пик")  $N_{пик}^{час}$  [29]:

$$N_c = 16 \cdot N_{пик}^{час}. \quad (2.2)$$

Рассмотренного выше показателя достаточно для выполнения оценки текущего состояния безопасности движения. Однако нет общепринятых методик прогнозирования количества ДТП на остановочных пунктах городского общественного транспорта.

Величина  $Z_c$  ростом количества ДТП будет увеличиваться, но искомый коэффициент безопасности с ростом количества ДТП теоретически должен уменьшаться, поэтому для расчета коэффициентов весомости параметров безопасности будем использовать вероятность противоположного (несовместного) события [30]:

$$P(\bar{A}) = 1 - P(A), \quad (2.3)$$

где  $P(A)$  – вероятность события  $A$ .

Соответственно, противоположное событие величине  $Z$ , а именно, искомый коэффициент безопасности находим как  $1 - Z$ .

Расчет коэффициентов весомости параметров требований безопасности, предъявляемых к остановочным пунктам будет выполнен с помощью метода коэффициентов системы линейных уравнений.

Метод коэффициентов системы линейных уравнений – базируется на решении системы уравнений (2.4). Переменными в данной системе будут являться параметры требований безопасности согласно таблице В.1 (левые части уравнений) и рассчитанные показатели тяжести последствий ДТП (правые части уравнений). При решении данной системы линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} \alpha_{11}K_{11} + \alpha_{21}K_{21} + \dots + \alpha_{n-1;1}K_{n-1;1} + \alpha_{n;1}K_{n;1} = 1 - Z_1, \\ \alpha_{12}K_{12} + \alpha_{22}K_{22} + \dots + \alpha_{n-1;2}K_{n-1;2} + \alpha_{n;2}K_{n;2} = 1 - Z_2, \\ \dots \\ \alpha_{1m}K_{1m} + \alpha_{2m}K_{2m} + \dots + \alpha_{n-1;m}K_{n-1;m} + \alpha_{n;m}K_{n;m} = 1 - Z_m, \end{cases} \quad (2.4)$$

где  $n$ – количество проверяемых параметров;

$m$ – количество обследуемых остановочных пунктов.

Рассчитываются корни уравнений, они и будут являться искомыми коэффициентами весомости.

Таким образом, найдем значения коэффициентов весомости согласно собранной статистике. В отличие, от многих предыдущих работ известных авторов, которые были упомянуты в первой главе, в данной диссертации коэффициенты весомости отобраны объективным способом, что практически исключает человеческий фактор.

Формула комплексного коэффициента безопасности для остановочных пунктов городского общественного транспорта (2.5) примет вид:

$$K_B = \alpha_1 K_{ш} + \alpha_2 K_{д} + \alpha_3 K_{о} + \alpha_4 K_{в} + \alpha_5 K_{ин} + \alpha_6 K_{дн} + \alpha_7 K_{вн} + \alpha_8 K_n + \alpha_9 K_k + \alpha_{10} K_{свем} + \alpha_{11} K_{но} + \alpha_{12} K_{nn} + \alpha_{13} K_{неп} + \alpha_{14} K_p + \alpha_{15} K_z, \quad (2.5)$$

или

$$K_{Bj} = \sum_{i=1}^n \alpha_i K_{ij}. \quad (2.6)$$

Далее можно вычислить корреляцию каждого параметра с конечным значением комплексного коэффициента безопасности и выявить, какие требования безопасности наиболее существенно будут влиять на вероятность возникновения ДТП.

Для оценки адекватности разработанной модели будут использоваться статистические методы проверки гипотез, такие как коэффициент детерминации, значение F-статистики, число степеней свободы и др.

### 2.3 Методы оценки адекватности разработанной модели

Общее назначение множественной регрессии состоит в анализе связи между несколькими независимыми переменными (называемыми также регрес-

сорами или предикторами) и зависимой переменной [34]. Так, в случае с остановочными пунктами – согласно выбранным параметрам безопасности вводим известные значения коэффициентов требований безопасности и получаем зависимость от них величину комплексного коэффициента безопасности.

В общественных и естественных науках методы множественной регрессии достаточно часто используются в исследованиях. Множественная регрессия позволяет решить, какие предикторы наиболее сильно влияют на искомый фактор. Однако, следует также учитывать, что множественная регрессия говорит о наличии нескольких предикторов, которые присутствуют в модели.

Регрессионные коэффициенты (или, в случае модели комплексного коэффициента безопасности, коэффициенты весомости) представляют независимые вклады каждой независимой переменной в предсказание зависимой переменной [34]. Если один параметр коррелирован с другим, то это может быть связано с тем, что они оба коррелированы с третьим параметром или с их совокупностью.

Множественный коэффициент корреляции  $R$  (*множественное  $R$* ) – это положительный квадратный корень из  $R$ -квадрата (множественного коэффициента детерминации). Эта статистика полезна при проведении многомерной регрессии (т.е. использовании нескольких независимых переменных), когда необходимо описать зависимость между переменными [35].

Множественный коэффициент корреляции характеризует тесноту связи между зависимой переменной и предиктором. Он изменяется в пределах от 0 до 1 и рассчитывается по формуле [35]:

$$R_{y|x_1x_2\dots x_n} = \sqrt{1 - \frac{|R|}{R_{jj}}}, \quad (2.7)$$

где  $|R|$  – определитель корреляционной матрицы;

$R_{jj}$  - алгебраическое дополнение  $jj$ -го элемента.

Значимость множественного коэффициента корреляции проверяется согласно таблице  $F$ -критерия Фишера. Гипотеза о значимости множественного коэффициента корреляции отвергается, если значение вероятности отклонения превышает заданный уровень (чаще всего принимают  $\alpha = 0,1; 0,05; 0,01$  или  $0,001$ ).

Значение  $F$ -статистики находится по формуле [35]:

$$F = \frac{\frac{1}{k-1} r_{y|x_1 \dots x_k}^2}{\frac{1}{n-k} (1 - r_{y|x_1 \dots x_k}^2)}. \quad (2.8)$$

При небольшом числе значений в рассматриваемой выборке величина множественного коэффициента корреляции обычно увеличена.

Множественный коэффициент корреляции считается значимым, то есть имеет место статистическая зависимость между зависимой величиной  $y$  и параметрами  $x$ , если  $F > F_{кр}(\alpha, k-1, n-k)$  где  $F_{кр}$  определяется согласно таблице распределения Фишера.

Также показателям тесноты связи можно дать качественную оценку, исходя из шкалы Чеддока, приведенной в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Качественная оценка тесноты связи согласно шкалы Чеддока[35]

Количественная мера тесноты связи	Качественная характеристика силы связи
0,1-0,3	Слабая
0,3-0,5	Умеренная
0,5-0,7	Заметная
0,7-0,9	Высокая
0,9-0,99	Весьма высокая

Можно говорить о функциональной связи при значении множественного коэффициента корреляции близком к 1. Если значение множественного коэффициента корреляции меньше 1, то существуют элементы неучтенные предложенной моделью.

Квадрат множественного коэффициента корреляции называется множественным коэффициентом детерминации. Он показывает, какая доля дисперсии результативного признака объясняется влиянием независимых переменных[35].

В случае двух переменных формула для вычисления множественного коэффициента детерминации имеет вид[35]:

$$r_{y|x_1 x_2}^2 = \frac{r_{x_1 y}^2 + r_{x_2 y}^2 - 2r_{x_1 x_2} r_{x_1 y} r_{x_2 y}}{1 - r_{x_1 x_2}^2}. \quad (2.9)$$



Часто необходимо корректировать коэффициент множественной детерминации на потерю степеней свободы вариации[35]:

$$\hat{R}_{\text{корр}}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n - 1}{n - k - 1}, \quad (2.10)$$

где  $\hat{R}_{\text{корр}}^2$  – скорректированное значение множественного коэффициента корреляции;

$n$  – число объектов исследования;

$k$  – число переменных, вошедших в модель.

Затем определяется значимость коэффициент корреляции по критерию Стьюдента. Критерий Стьюдента основан на следующих математических допущениях:

- 1) сравниваемые выборки должны происходить из нормально распределенных совокупностей;
- 2) дисперсии сравниваемых генеральных совокупностей должны быть равны.

Статистика критерия Стьюдента находится по формуле[39]:

$$t = r \frac{\sqrt{n - m - 1}}{\sqrt{1 - r^2}}. \quad (2.11)$$

Вычисленное значение  $t$  проверяют на предмет попадания в критическую область (критическое значение можно найти по таблицам).

Если вычисленное значение  $t$  попадает в критическую область, то говорят, что гипотеза отвергается на уровне  $\alpha$  в пользу альтернативы.

Значение F-статистики находится по формуле[32]:

$$F = \frac{\frac{1}{k - 1} r_{y|x_1 \dots x_k}^2}{\frac{1}{n - k} (1 - r_{y|x_1 \dots x_k}^2)}. \quad (2.12)$$

Также показателям тесноты связи можно дать качественную оценку, исходя из шкалы Чеддока, приведенной в таблице 2.3.

Можно говорить о функциональной связи при значении множественного коэффициента корреляции близком к 1. При значениях менее 0,7 вероятность

связи между параметрами и искомой величиной менее 50 %. Построенные при таких условиях регрессионные модели имеют низкое практическое значение.

Коэффициент детерминации имеет более важное значение при обосновании адекватности линейной модели по сравнению с коэффициентом корреляции. Корреляция не является линейной функцией связи между переменными. Коэффициент детерминации отражает связь линейно и поэтому является аддитивным.

## **2.4 Выводы по второй главе**

Во второй главе магистерской диссертации были обоснованы параметры остановочных пунктов, которые влияют на вероятность возникновения ДТП. Количество выделенных параметров равно 15. Каждый параметр регламентируется СП 396.1325800.2018 «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования» и ГОСТ Р 52766-2007 «Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования», который включены в перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований ТР ТС 014/2011 «О безопасности автомобильных дорог».

Была построена модель комплексного коэффициента безопасности, который рассчитывается на основании критериев, соответствующих требованиям безопасности. Согласно данным о количестве ДТП с пострадавшими на остановочных пунктах городского общественного транспорта необходимо найти коэффициенты весомости параметров требований безопасности.

Основная гипотеза: чем выше комплексный коэффициент безопасности, тем меньше вероятность возникновения ДТП на объекте дорожно-транспортной инфраструктуры. Проверка гипотезы должны основываться на методах анализа статистических данных, которые были описаны в пункте 2.3.

Таким образом, во второй главе были выполнены следующие задачи:

- осуществили анализ параметров объектов транспортно-дорожной инфраструктуры (остановочные пункты) и на этой основе выявили факторы, оказывающие влияние на аварийность на остановочных пунктах городского общественного транспорта;
- сформулировали математическую модель для определения безопасности остановочного пункта;
- описали способы проверки математической модели на адекватность исследуемому процессу.

В 3 главе магистерской диссертации описана методика проведения исследования с использованием теории планирования эксперимента.

### **3 Методика проведения исследования**

#### **3.1 Планирование проведения обследования согласно основ теории эксперимента**

Экспериментом называют целенаправленное воздействие на объект исследования с целью получения о нем достоверной информации[36].

Объекты исследования разнообразны, но методы экспериментальных исследований имеют много общего. Организация и проведение исследований обычно содержат следующие этапы [36]:

- выбор плана проведения эксперимента;
- сокращение числа рассматриваемых переменных с целью уменьшения объема проводимых экспериментов;
- контроль хода эксперимента;
- исключение влияния случайных внешних воздействий;
- оценка точности средств измерений и точности результатов эксперимента;
- анализ и интерпретация полученных результатов.

План эксперимента – совокупность данных, определяющих число, условия и порядок реализации опытов. Планированием эксперимента называется выбор плана эксперимента, удовлетворяющего поставленным требованиям [36].

Объект данного исследования – остановочные пункты города Красноярска.

Исследование параметров остановочных пунктов по цели проведения и форме представления полученных результатов сочетают признаки количественного и качественного эксперимента, что дает наиболее полную характеристику объекту. По способу проведения исследование пассивное, то есть происходит без вмешательства в процесс его проведения, условия и параметры искусственно не менялись. Обработка полученных данных осуществляется только после окончания эксперимента.

Полученная статистическая модель имеет достаточно простую структуру и представлена в виде полинома. При построении таких моделей исследование выполняется при сравнительно небольших затратах времени и средств.

Входные параметры, которые оказывают влияние на объект исследования и измеряются в результате исследования, называют факторами. Так, в данном исследовании факторами являются параметры требований безопасности.

Каждый фактор имеет область определения, которая должна быть установлена до проведения исследования. Значения факторов должны быть дискретными, в случае когда значения факторов является непрерывным, проводят их искусственную дискретизацию. Область определения параметров требований безопасности после их интерпретации расположена от 0 до 1.

Также необходимо учитывать, что в ходе проведения обследования остановочных пунктов управлять значениями параметров требований безопасности невозможно, но все факторы совместны, то есть принимают любое значение независимо от других факторов.

Планирование эксперимента – это процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью. Здесь существенно следующее [37]:

- стремление к минимизации общего числа опытов;
- одновременное варьирование всеми переменными, определяющими процесс, по специальным правилам – алгоритмам;
- использование математического аппарата, формализующего многие действия экспериментатора;
- выбор четкой стратегии, позволяющей принимать обоснованные решения после каждой серии экспериментов.

В целях минимизации общего числа опытов используем данные о ДТП на остановочных пунктах за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. Соответственно

число опытов будет равно количеству остановочных пунктов на которых произошли ДТП. Также включаем в выборку остановочные пункты, на которых за расчетный период не происходили ДТП в количестве не более, чем количество остановочных пунктов основной выборки.

Для каждого остановочного пункта согласно предложенным коэффициентам требований безопасности определяем значения параметров.

### **3.2 Методика проведения обследования остановочных пунктов для сбора необходимых статистических данных**

При сборе статистических данных для проведения исследования руководствовались сведениями о показателях состояния безопасности дорожного движения в г. Красноярске на официальном сайте ГИБДД.

Исследуемые остановочные пункты: остановочные пункты, на которых произошли ДТП с пострадавшими за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г., и 20 остановочных пунктов, на которых за тот же период не происходили ДТП.

По выбранным 15 параметрам проводится исследование каждого обследуемого остановочного пункта городского транспорта, результаты осмотра заносятся в таблицу. Форма таблицы представлена на рисунке А.1. Также в таблицу заносится информация о расположении остановочного пункта городского транспорта и наличие погибших и раненных в исследуемом периоде.

Исследование проводится в два этапа:

1 сбор сведений о ДТП, происходивших на определенном остановочном пункте городского транспорта на официальном сайте ГИБДД за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. (таблица Б.1);

2 натурное исследование параметров остановочного пункта городского общественного транспорта (таблица В.1).

Условия, которые должны соблюдаться при обследовании: светлое время суток, теплый период года. Каждый конкретный остановочный пункт общественного транспорта оценивается отдельно группой из двух человек для удобства выполнения замеров. Обследование проводится путем визуального осмотра и необходимых измерений посредством рулетки. В таблице 3.1 приведены условия и параметры, с учетом которых должны проводиться обследования остановочных пунктов городского общественного транспорта.

Таблица 3.1 – Условия и параметры проведения обследования остановочных пунктов городского общественного транспорта

Условия и параметры обследования	Показатели
----------------------------------	------------

Время года	Теплый период
Время суток	Светлое
Количество экспертов	2
Приборы и оборудование	Карандаш НВ
	Протокол
	Рулетки измерительные металлические RGK (номер в госреестре 75296-19)
	Компактная камера 2,7", 8 Мп

Для проведения исследования не требуется использования дорогостоящих приборов и оборудования.

Результаты исследования сводятся в таблицу и интерпретируются. Интерпретированные данные исследования приведены в таблице В.1.

Затем добавляем в таблицу данные об остановочных пунктах, на которых не происходили ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. Результаты приведены в таблице Г.1.

Все значения коэффициентов соответствия в таблицах В.1 и Г.1 находятся в диапазоне от 0 до 1, они не могут принимать значения меньше 0 или более 1, что наиболее удобно для дальнейших расчетов. Именно для этого и необходима интерпретация данных.

Система линейных уравнений (2.4) будет состоять из того же количества уравнений, сколько остановочных пунктов в выборке таблицы В.1, а затем проверяется решением уравнения (2.4) с данными таблицы Г.1. Решить такую систему линейных уравнений возможно с помощью программы MathCAD или MS Excel.

### 3.3 Порядок решения системы линейных уравнений в MS Excel

Для решения системы линейных уравнений в MS Excel есть два наиболее используемых инструмента:

- Поиск решения;
- функция ЛИНЕЙН.

Инструмент Поиск решения не подходит для решения данной задачи, так как количество обрабатываемых значений ограничено ста значениями.

Для оценки параметров комплексного коэффициента безопасности с помощью множественного регрессионного анализа будем использовать функцию ЛИНЕЙН из мастера функций программы MS Excel. Функция расчи-

тывает статистику для ряда с применением метода наименьших квадратов, вычисляя функцию, которая наилучшим образом аппроксимирует имеющиеся данные. Функция возвращает массив значений коэффициентов весоности параметров. Поскольку возвращается массив значений, функция должна задаваться в виде формулы массива.

Уравнение функции имеет следующий вид:

$$y = bx + b_0 \quad (3.1)$$

или в случае нескольких независимых переменных  $x$ :

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n, \quad (3.2)$$

где  $y$  – функция независимого значения  $x$ ;

$b$  – коэффициенты, соответствующие независимой переменной  $x$ ;

$b_0$  – постоянная.

Функция **ЛИНЕЙН** возвращает массив коэффициентов весоности  $\{b_n; b_{n-1}; \dots; b_1; b_0\}$  – коэффициентов уравнения регрессии. Функция **ЛИНЕЙН** может также возвращать дополнительную регрессионную статистику.

Синтаксис функции:

- известные значения  $y$  – это множество значений зависимой переменной, которые уже известны для соотношения;
- известные значения  $x$  – это множество значений независимых переменных  $x$ , которые известны для соотношения;
- *конст* – это логическое значение, которое указывает, требуется ли, чтобы константа  $b_0$  была равна 0: если *конст* имеет значение **ИСТИНА** или опущено, то  $b_0$  вычисляется обычным образом; если *конст* имеет значение **ЛОЖЬ**, то  $b_0$  полагается равным 0;
- *статистика* – это логическое значение, которое указывает, требуется ли вернуть дополнительную регрессионную статистику: если *статистика* имеет значение **ИСТИНА**, то функция **ЛИНЕЙН** возвращает дополнительную регрессионную статистику, так что возвращаемый массив будет иметь вид:  $\{b_n; b_{n-1}; \dots; b_1; b_0; se_n; se_{n-1}; \dots; se_1; se_0; R^2; se_v; F; df; ss_{reg}; ss_{resid}\}$ ; если *статистика* имеет значение **ЛОЖЬ** или опущена, то функция **ЛИНЕЙН** возвращает только коэффициенты весоности и постоянную  $b_0$  [38].

В таблице 3.2 показано, в каком порядке возвращается дополнительная регрессионная статистика.

Таблица 3.2 – Порядок вывода дополнительной регрессионной статистики

$b_n$	$b_{n-1}$	...	$b_2$	$b_1$	$b_0$
$se_n$	$se_{n-1}$	...	$se_2$	$se_1$	$se_0$
$R^2$	$se_v$	...			
F	df				
SSreg	SSresid				

В таблице 3.3 приведено описание выводимой функцией ЛИНЕЙН дополнительной регрессионной статистики.

Таблица 3.3 – Описание выводимой функцией ЛИНЕЙН дополнительной регрессионной статистики [38]

Величина	Описание
$se_1, se_2, \dots, se_n$	Стандартные значения ошибок для коэффициентов $b_1, b_2, \dots, b_n$
$se_b$	Стандартное значение ошибки для постоянной $b_0$ ( $se_b = \#N/D$ , если <i>конст</i> имеет значение ЛОЖЬ).

Окончание таблицы 3.3

Величина	Описание
$R^2$	Коэффициент детерминированности. Сравниваются фактические значения $y$ и значения, получаемые из уравнения прямой; по результатам сравнения вычисляется коэффициент детерминированности, нормированный от 0 до 1. Если он равен 1, то имеет место полная корреляция с моделью, т.е. нет различия между фактическим и оценочным значениями $y$ . В противоположном случае, если коэффициент детерминированности равен 0, то уравнение регрессии неудачно для предсказания значений $y$ .
$se_v$	Стандартная ошибка для оценки $y$ .
F	F-статистика, или F-наблюдаемое значение. F-статистика используется для определения того, является ли наблюдаемая взаимосвязь между зависимой и независимой переменными случайной или нет.
df	Степени свободы. Степени свободы полезны для нахождения F-критических значений в статистической таблице. Для определения уровня надежности модели нужно сравнить значения в таблице с F-статистикой, возвращаемой функцией ЛИНЕЙН.
SSreg	Регрессионная сумма квадратов.
SSresid	Остаточная сумма квадратов.



Далее необходимо правильно оценить полученные значения дополнительной регрессионной статистики.

Значения стандартных ошибок позволяет оценивать точность эмпирических коэффициентов уравнения множественной регрессии и проверять выдвигаемые гипотезы.

Стандартные значения ошибок коэффициентов  $b$  позволяют перейти от точечных оценок к интервальным, так границы двухстороннего интервала для коэффициента регрессии определяются следующим образом:

$$b - t_{\frac{b}{2}, n-2} \cdot se_b \leq b \leq b + t_{\frac{b}{2}, n-2} \cdot se_b, \quad (3.3)$$

где  $t_{\frac{b}{2}, n-2}$  – квантиль распределения Стьюдента с  $n-2$  степенями свободы.

Так как необходимо найти наиболее точное значение  $b$ , считаем коэффициент множественной регрессии значимым, если  $se_b < \frac{b}{2}$ .

Проверка гипотезы о том, что вычисленные коэффициенты  $b_n$  не обусловлены случайностью, осуществляется с помощью критерия Стьюдента. В качестве нулевой гипотезы принимаем, что связи нет, то есть  $b_n = 0$ , в качестве альтернативной гипотезы принимаем, что  $b_n \neq 0$ .

Для проверки гипотезы используются:

- уровень значимости,  $\alpha = 0,05$ ;
- рассчитанное значение стандартного отклонения  $se_n$  для коэффициентов регрессии;
- рассчитанное число степеней свободы  $df = n - 2$ ;
- значение  $t$ -статистики вычисляем следующим способом:

$$t_0 = \frac{b_n}{se_n}; \quad (3.4)$$

- сравнить значение  $t$ -статистики  $t_0$  с пороговым значением  $t_{\alpha, n-2}$ .

Если значение  $t$ -статистики больше порогового значения, то нулевая гипотеза отвергается.

Коэффициент детерминации  $R^2$  показывает насколько достоверна построенная модель множественной регрессии. Этот показатель равен квадрату коэффициента корреляции. Значения  $R^2$  принимает от 0 до 1. Малые значения  $R^2$  указывают на нелинейность связи или недостаточностью параметров для определения  $y$ , а значения близкие к 1 говорят о том, что существует достоверная зависимость.

Для оценки значимости уравнения регрессии используется критерий Фишера. Наблюдаемое значение  $F_{\text{набл}}$  выводится в таблице дополнительной регрессионной статистики.

Критическое значение F-распределения Фишера  $F_{\text{кр}}$  с  $(k; n-k-1)$  степенями свободы, где  $n$  – число наблюдений,  $k$  – число независимых параметров уравнения, определяем с помощью таблицы Фишера, затем сравниваем  $F_{\text{набл}}$  и  $F_{\text{кр}}$ . Если значение F-статистики больше критического значения при данном уровне значимости, то уравнение множественной регрессии статистически значимо.

Для использования функции ЛИНЕЙН необходимо выполнить следующий алгоритм:

- выделить диапазон ячеек, в котором число столбцов равно числу переменных, число строк равно 5;
- выбрать функцию ЛИНЕЙН, вводя необходимые аргументы;
- для выполнения функции нажать горячие клавиши Ctrl+Shift+Enter.

Диапазон содержит ошибки #Н/Д, которые означают, что формула не может обнаружить значения для данных ячеек.

### 3.4 Выводы по третьей главе

В третьей главе обосновали планирование проведения исследования на основании основ теории эксперимента. Этапы проведения исследования следующие:

- выбор плана проведения эксперимента;
- сокращение числа рассматриваемых переменных с целью уменьшения объема проводимых экспериментов;
- контроль хода эксперимента;
- исключение влияния случайных внешних воздействий;
- оценка точности средств измерений и точности результатов эксперимента;
- анализ и интерпретация полученных результатов.

Затем описали методику проведения исследования. Обследованию подлежат остановочные пункты, на которых произошли ДТП с пострадавшими за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. Все полученные в ходе исследования данные интерпретируются согласно таблице 2.2.

Далее рассмотрели способы нахождения коэффициентов весомости согласно системе уравнений (2.4). Корни уравнения будут найдены с помощью функции ЛИНЕЙН MSExcell. Данная функция также позволяет вывести значения дополнительной регрессионной статистики.

Значения дополнительной регрессионной статистики позволяют определить как значимость отдельных коэффициентов, так и значимость уравнения регрессии.

Значимость уравнения регрессии проверяется по двум критериям:

- критерию Стьюдента;
- критерию Фишера.

Оба теста проводятся путём сравнения значения статистики с критическим значением, которое приведено в таблице.

Также коэффициент детерминации  $R^2$  показывает насколько достоверна построенная модель множественной регрессии.

После нахождения коэффициентов весомости будет проверена корреляция каждого параметра со значением комплексного коэффициента безопасности.

В четвертой главе будут рассмотрены результаты проведенного исследования остановочных пунктов городского наземного транспорта.

## **4 Результаты проведенного исследования**

### **4.1 Анализ результатов проведенного обследования остановочных пунктов**

За период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. на остановочных пунктах общественного транспорта города Красноярска произошло 98 ДТП, в результате которых погибло 2 человека и было ранено 97 человек.

На рисунке 4.1 представлено распределение количества нарушений на обследованных остановочных пунктах по оцениваемым параметрам.

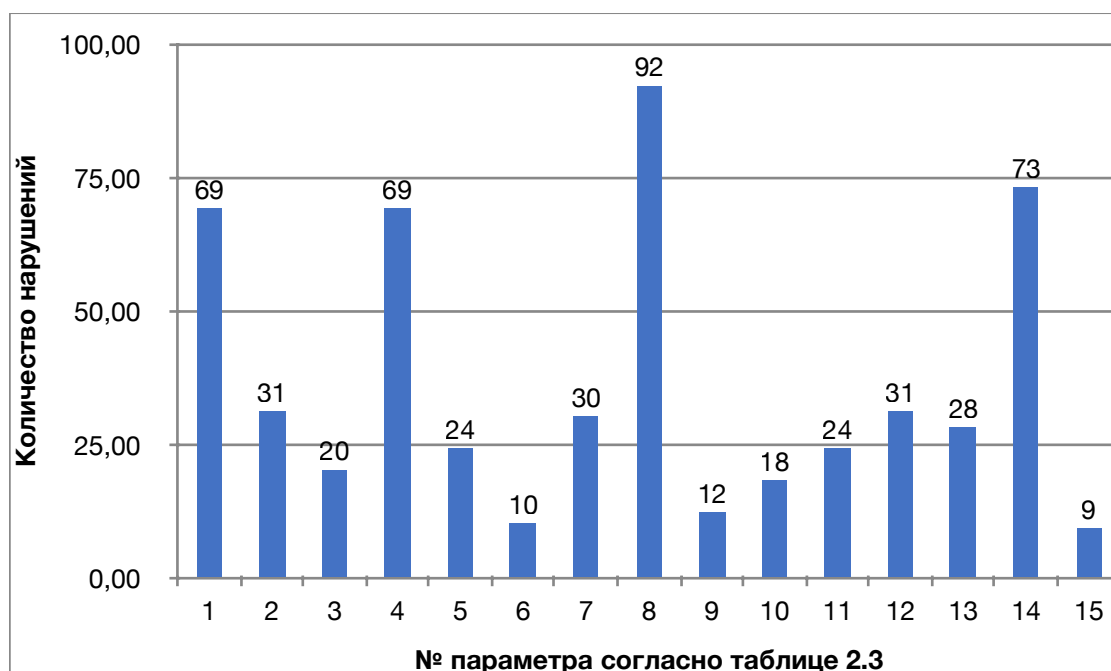


Рисунок 4.1 – Распределение количества нарушений на обследованных остановочных пунктах по оцениваемым параметрам

Рассмотрим подробнее характер некоторых нарушений требований к параметрам остановочных городского общественного транспорта. Самое большое количество нарушений наблюдается в обустройстве остановочного пункта пассажирским павильоном. Причина частого нарушения заключается в том, что в соответствии с климатической зоной, в которой располагается город Красноярск, должны устанавливаться павильоны закрытого типа, но в городе таких на данный момент только 3 единицы.

Состояние дорожной разметки также занимает «лидирующие позиции», так как она быстро стирается, а обновляют разметку не чаще 2 раз в год и в основном на магистральных улицах города.

На рисунке 4.2 показана диаграмма интерпретированных данных проведенного обследования остановочных пунктов в части расположения остановочных пунктов противоположных направлений относительно друг друга, приведенные в таблице В.1.

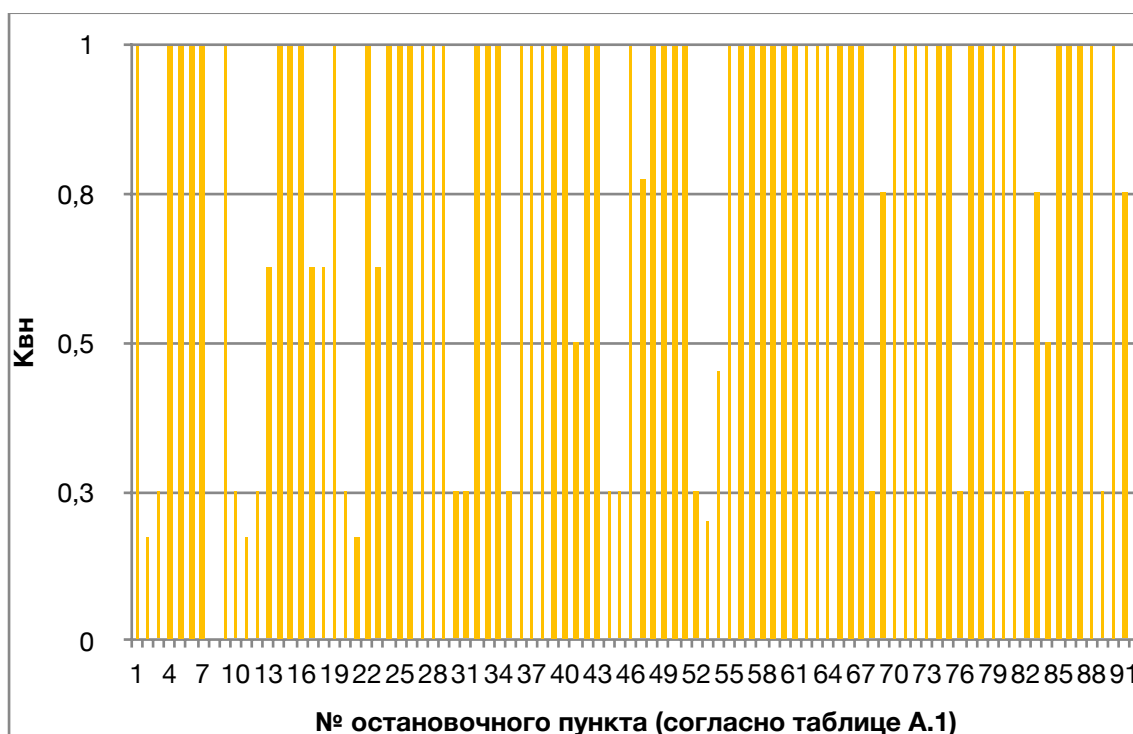


Рисунок 4.2 – Диаграмма интерпретированных данных проведенного обследования остановочных пунктов в части расположения остановочных пунктов противоположных направлений относительно друг друга

Значение  $K_{вн} = 1$  возможно, когда обеспечивается расстояние между остановочными пунктами автобусов и троллейбусов встречных направлений следует принимать от 30 до 50 м один от другого с проезжей частью шириной менее 15 м, либо при ширине проезжей части более 15 м. Из 93 обследованных остановочных пунктов городского общественного транспорта на 30, что составляет 32,3 %, не выполняется данное условие.

Причин, по которым при узкой проезжей части нельзя размещать остановочные пункты встречных направлений напротив друг друга, две:

1 остановка общественного транспорта одновременно на обоих остановочных пунктах значительно уменьшит пропускную способность участка УДС, в связи, с чем участники начнут совершать обгоны и объезды;

2 при расположении остановочных пунктов встречных направлений напротив друг друга безопасное размещение наземного пешеходного перехода вблизи остановочного пункта будет невозможно, отнесение пешеходного перехода на большее расстояние спровоцирует пешеходов к переходу проезжей части в неположенном месте.

На рисунке 4.3 показана диаграмма интерпретированных данных проведенного обследования остановочных пунктов в части высоты посадочной площадки, приведенные в таблице В.1.

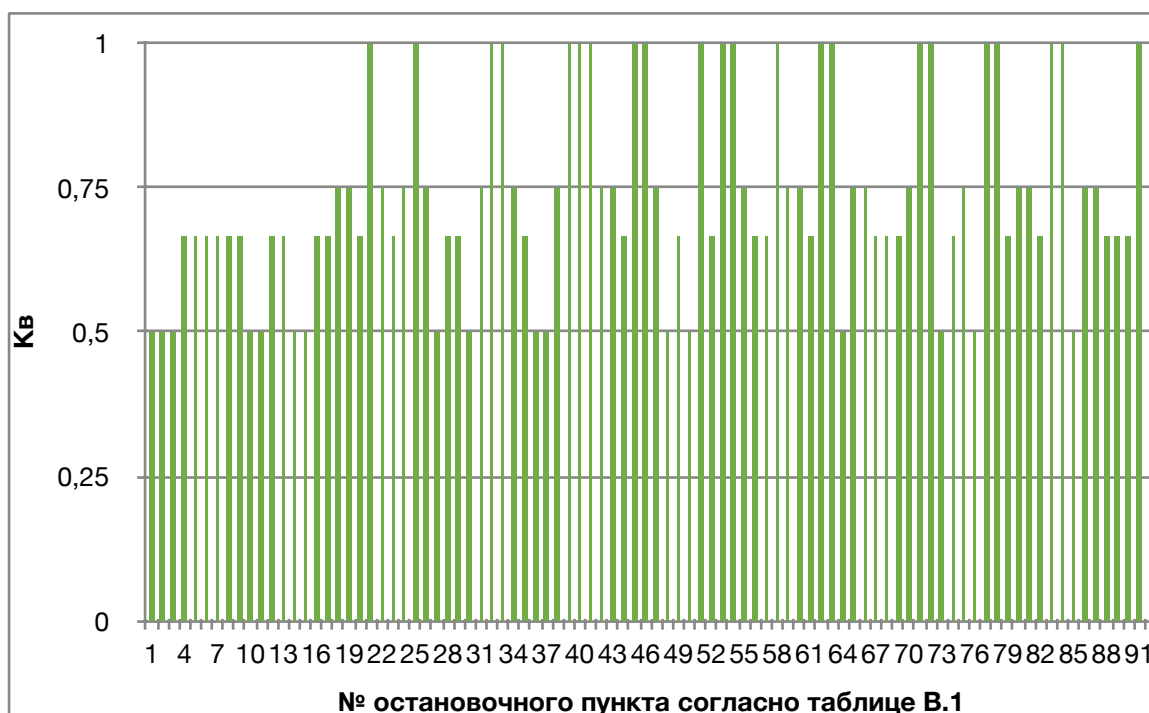


Рисунок 4.3 – Диаграмма интерпретированных данных проведенного обследования остановочных пунктов в части высоты посадочной площадки

Из 93 обследованных остановочных пунктов городского общественного транспорта на 31, что составляет 33,3 %, посадочная площадка размещена ниже требуемого уровня. Во-первых, бордюр отделяет проезжую часть от пешеходной зоны, он препятствует въезду транспортных средств на тротуар. В случае выезда транспортного средства на посадочную площадку он позволит несколько снизить его скорость, а от скорости напрямую зависят последствия ДТП.

Во-вторых, при правильном проектировании посадочных площадок и тротуаров лишняя вода при таянии уходит на проезжую часть, не скапливаясь в местах нахождения пешеходов.

Также приподнятость посадочной площадки в некоторой степени помогает обеспечивать доступную среду для инвалидов, которые пользуются общественным транспортом с пандусами.

Рассмотрим диапазон изменения параметров требований безопасности согласно таблице Г.1, в которую добавлены остановочные пункты, на которые не происходили ДТП. В таблице 4.1 приведены диапазоны изменений интерпретированных данных по параметрам требований безопасности.

Таблица 4.1 – Диапазоны изменений интерпретированных данных по параметрам требований безопасности

Исследуемые параметры остановочных пунктов	Диапазон изменения интерпретированных данных
Ширина остановочной площадки	0,1231 – 1
Длина ОП	0,1 – 1
Состояние дорожной одежды	0,5 или 1
Высота посадочной площадки	0,5 – 1
Ширина посадочной площадки	0,3333 – 1
Длина посадочной площадки	0,6565 – 1
Расстояние ОП относительно друг друга	0 – 1
Наличие и состояние автопавильона	0 или 0,5
Наличие заездного кармана	0 или 1
Наличие освещения	0 или 1
Наличие пешеходных ограждений	0 или 1
Размещение пешеходного перехода	0; 0,5; 1
Расположение ОП относительно перекрестка	0 – 1
Наличие дорожной разметки	0; 0,5; 1
Наличие дорожных знаков	0; 0,5; 1

Большая часть параметров остановочных пунктов варьируется от 0 до 1. Параметры наземных пешеходных переходов, диапазон значений которых отличается от остальных, следующие:

- ширина остановочной площадки;
- длина остановочной площадки;
- состояние дорожной одежды;
- высота посадочной площадки;
- ширина посадочной площадки;
- длина посадочной площадки;
- наличие и состояние автопавильона.

Значения интерпретированных данных «ширина остановочной площадки», «длина остановочной площадки», «ширина посадочной площадки» и «длина посадочной площадки» по своему физическому смыслу не могут быть равными 0, так как в любом случае место для остановки маршрутного транспортного средства будет либо в заездном кармане, либо на крайней правой полосе проезжей части.

Значение интерпретированных данных «высота посадочной площадки» ни в одном из рассматриваемых случаев не равно нулю, то есть все остановочные пункты приподняты над проезжей частью.

Значение интерпретированных данных «наличие и состояние автопавильона» ни в одном случае не равно 1, так как значению «1» соответствуют остановочные пункты, на которых расположены закрытые автопавильоны согласно климатической зоны, в которой находится г. Красноярск. Такие автопавильоны расположены всего на трех остановочных пунктах городского наземного транспорта г. Красноярска: остановочный пункт «Студенческий городок», остановочный пункт «Студенческая (ул. Свердловская)» и остановочный пункт «Сопка».

Далее необходимо найти значения коэффициентов весомости для описания формулы комплексного коэффициента безопасности остановочных пунктов городского наземного транспорта.

## **4.2 Нахождение комплексного коэффициента безопасности для остановочных пунктов г. Красноярска**

### **4.2.1 Расчет коэффициентов весомости с помощью функции ЛИНЕЙН MSExcel**

Для нахождения коэффициентов весомости решаем систему линейных уравнений (2.4) согласно полученным данным, приведенным в таблицах В.1 и Д.1, с помощью функции ЛИНЕЙН MSExcel. На рисунке 4.4 представлено контекстное меню функции ЛИНЕЙН MSExcel с введенными аргументами. Решение системы линейных уравнений приведено в таблице 4.2.



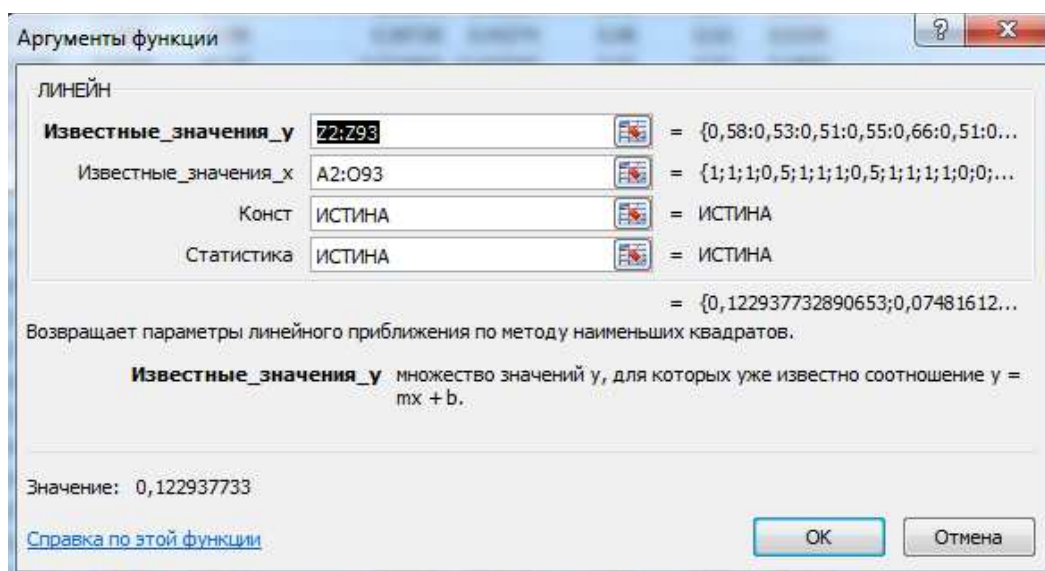


Рисунок 4.4 – Контекстное меню функции ЛИНЕЙН MS Excel с введенными аргументами

Таблица 4.2– Значения коэффициентов весомости параметров требований безопасности, предъявляемых к остановочным пунктам

№ п/п	Коэффициент соответствия требованиям	Коэффициент весомости	Значения коэффициента весомости
1	$K_{ш}$	$\alpha_1$	0,028958
2	$K_{д}$	$\alpha_2$	0,048882
3	$K_{о}$	$\alpha_3$	0,041308
4	$K_{в}$	$\alpha_4$	0,026385
5	$K_{шп}$	$\alpha_5$	0,07433
6	$K_{дп}$	$\alpha_6$	0,160478
7	$K_{вн}$	$\alpha_7$	0,077841
8	$K_{п}$	$\alpha_8$	0,040811
9	$K_{к}$	$\alpha_9$	0,096698
10	$K_{свет}$	$\alpha_{10}$	0,130651
11	$K_{по}$	$\alpha_{11}$	0,066089
12	$K_{пп}$	$\alpha_{12}$	0,074652
13	$K_{пер}$	$\alpha_{13}$	0,065462

14	$K_p$	$\alpha_{14}$	0,074816
15	$K_z$	$\alpha_{15}$	0,122938

Все полученные значения положительные. Свободный член уравнения  $b_0 = -0,34917$ . Затем опустим свободный член уравнения  $b_0$ . В таблице 4.3 приведены значения коэффициентов весомости параметров требований безопасности, предъявляемых к остановочным пунктам, вычисленные без свободного члена.

Таблица 4.3 – Значения коэффициентов весомости параметров требований безопасности, предъявляемых к остановочным пунктам, вычисленные без свободного члена

№ п/п	Коэффициент соответствия требованиям	Коэффициент весомости	Значения коэффициента весомости
1	$K_{ш}$	$\alpha_1$	0,026425
2	$K_d$	$\alpha_2$	0,016666
3	$K_o$	$\alpha_3$	0,005481
4	$K_v$	$\alpha_4$	-0,00881
5	$K_{шп}$	$\alpha_5$	0,043958
6	$K_{дп}$	$\alpha_6$	0,048496
7	$K_{вн}$	$\alpha_7$	0,062047
8	$K_{п}$	$\alpha_8$	0,005003
9	$K_k$	$\alpha_9$	0,095381
10	$K_{свет}$	$\alpha_{10}$	0,121149
11	$K_{по}$	$\alpha_{11}$	0,044892
12	$K_{пп}$	$\alpha_{12}$	0,061595
13	$K_{пер}$	$\alpha_{13}$	0,015634
14	$K_p$	$\alpha_{14}$	0,062201
15	$K_z$	$\alpha_{15}$	0,109701

Сравним значимость коэффициентов, полученных в первом и втором случаях, основываясь на значениях стандартных ошибок для коэффициентов весо-  
мости. В таблице 4.4 приведены значения коэффициентов весо-  
мости параметров требований безопасности с отметками об их значимости.

Таблица 4.4 – Значения коэффициентов весо-  
мости параметров требова-  
ний безопасности с отметками об их значимости

Коэффици- ент весо- сти	Стандарт- ное значе- ние ошибки с вычисле- нием $b_0$	Отметка о значи- мо- сти	Коэффици- ент весо- сти	Стандарт- ное значе- ние ошибки	Отметка о значи- мо- сти	Итог
0,028958	0,005903	Значим	0,026425	0,006458	Значим	Совпада- ет
0,048882	0,019261	Значим	0,016666	0,01938	Не значим	Не сов- падает

Окончание таблицы 4.4

Коэффици- ент весо- сти	Стандарт- ное значе- ние ошибки с вычисле- нием $b_0$	Отметка о значи- мо- сти	Коэффици- ент весо- сти	Стандарт- ное значе- ние ошибки	Отметка о значи- мо- сти	Итог
0,041308	0,02365	Не значим	0,005481	0,02421	Не значим	Совпада- ет
0,026385	0,028324	Не значим	-0,00881	0,029718	Не значим	Совпада- ет
0,07433	0,02956	Значим	0,043958	0,031496	Не значим	Не сов- падает
0,160478	0,049892	Значим	0,048496	0,046117	Не значим	Не сов- падает
0,077841	0,0164	Значим	0,062047	0,017544	Значим	Совпада- ет
0,040811	0,02971	Не значим	0,005003	0,031263	Не значим	Совпада- ет
0,096698	0,013234	Значим	0,095381	0,014552	Значим	Совпада- ет
0,130651	0,014541	Значим	0,121149	0,015793	Значим	Совпада- ет

0,066089	0,01381	Значим	0,044892	0,014107	Значим	Совпадает
0,074652	0,012895	Значим	0,061595	0,013753	Значим	Совпадает
0,065462	0,027369	Значим	0,015634	0,027038	Не значим	Не совпадает
0,074816	0,011731	Значим	0,062201	0,01246	Значим	Совпадает
0,122938	0,019416	Значим	0,109701	0,021064	Значим	Совпадает

Коэффициент весомости  $\alpha_4$  меньше 0, , но стандартное значение ошибки для данного коэффициента велико, поэтому он не значим для конечного уравнения.

Не значимые коэффициенты не будут учитываться в формуле комплексного коэффициента безопасности. Параметры, оставшиеся значимыми для нахождения контрольного значения:

- ширина остановочной площадки;
- расстояние ОП относительно друг друга;
- наличие заездного кармана;
- наличие освещения;
- наличие пешеходных ограждений;
- размещение пешеходного перехода;
- наличие дорожной разметки;
- наличие дорожных знаков.

Таким образом, при отсутствии свободного члена получим следующий вид уравнения комплексного коэффициента безопасности:

$$K_B = 0,026425K_{ш} + 0,62047K_{ви} + 0,095381K_{к} + 0,121149K_{свет} + 0,044892K_{но} + 0,061595K_{nn} + 0,062201K_p + 0,109701K_z$$

(4.1)

Добавим данные обследования остановочных пунктов городского общественного транспорта, на которых не произошло ни одного ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. согласно методике, предложенной в п. 2.1. Количество остановочных пунктов для проверки устанавливаем равным 20. Так как на данных остановочных пунктах не происходило ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г., то значение  $Z = 0$ .

Интерпретированные значения данных о параметрах остановочных пунктов приведены в таблице Г.1. Остановочные пункты городского общественного транспорта, попавшие в таблицу Г.1, отличаются высоким уровнем организации дорожного движения, но на них также присутствуют серьезные недостатки, которые в будущем могут привести к ДТП с пострадавшими.

Решим систему уравнений (2.2) с учетом параметров остановочных пунктов, на которых не происходили ДТП. Полученные значения коэффициентов весомости параметров требований безопасности, предъявляемых к остановочным пунктам, приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Значения коэффициентов весомости параметров требований безопасности, предъявляемых к остановочным пунктам

№ п/п	Коэффициент соответствия требованиям	Коэффициент весомости	Значения коэффициента весомости
1	$K_{ш}$	$\alpha_1$	0,040393
2	$K_{д}$	$\alpha_2$	0,14594
3	$K_{о}$	$\alpha_3$	0,123168
4	$K_{в}$	$\alpha_4$	0,152483
5	$K_{шп}$	$\alpha_5$	0,134274
6	$K_{дп}$	$\alpha_6$	0,243372
7	$K_{вн}$	$\alpha_7$	0,130876
8	$K_{п}$	$\alpha_8$	0,127878
9	$K_{к}$	$\alpha_9$	0,141132

Окончание таблицы 4.5

№ п/п	Коэффициент соответствия требованиям	Коэффициент весомости	Значения коэффициента весомости
10	$K_{свет}$	$\alpha_{10}$	0,170722
11	$K_{по}$	$\alpha_{11}$	0,096035
12	$K_{пп}$	$\alpha_{12}$	0,114575
13	$K_{пер}$	$\alpha_{13}$	0,096897

14	$K_p$	$\alpha_{14}$	0,168405
15	$K_z$	$\alpha_{15}$	0,124241

Все полученные значения положительные. Свободный член уравнения  $b_0 = -0,97431$ . Затем опустим свободный член уравнения  $b_0$ . В таблице 4.6 приведены значения коэффициентов весомости параметров требований безопасности, предъявляемых к остановочным пунктам, вычисленные без свободного члена.

Таблица 4.6 – Значения коэффициентов весомости параметров требований безопасности, предъявляемых к остановочным пунктам, вычисленные без свободного члена

№ п/п	Коэффициент соответствия требованиям	Коэффициент весомости	Значения коэффициента весомости
1	$K_{ш}$	$\alpha_1$	0,037699
2	$K_{д}$	$\alpha_2$	0,083751
3	$K_o$	$\alpha_3$	0,032868
4	$K_{в}$	$\alpha_4$	0,083046
5	$K_{шп}$	$\alpha_5$	0,053197
6	$K_{дп}$	$\alpha_6$	-0,17757
7	$K_{вн}$	$\alpha_7$	0,098909
8	$K_{п}$	$\alpha_8$	0,033609
9	$K_{к}$	$\alpha_9$	0,164799
10	$K_{свет}$	$\alpha_{10}$	0,150194
11	$K_{по}$	$\alpha_{11}$	0,048477
12	$K_{пп}$	$\alpha_{12}$	0,100405
13	$K_{пер}$	$\alpha_{13}$	-0,038
14	$K_p$	$\alpha_{14}$	0,183557
15	$K_z$	$\alpha_{15}$	0,065651

Коэффициент весомости  $\alpha_6$  и  $\alpha_{13}$  меньше 0, ввиду чего необходимо было бы его нормировать, но стандартное значение ошибки для данного коэффициента велико, поэтому он не значим для конечного уравнения.

Сравним значимость коэффициентов, полученных в первом и втором случаях при вычислении коэффициентов весомости с учетом остановочных пунктов, на которых не происходили ДТП за период 2018 г., основываясь на значениях стандартных ошибок для коэффициентов весомости. В таблице 4.7 приведены значения коэффициентов весомости параметров требований безопасности с отметками об их значимости.

Таблица 4.7 – Значения коэффициентов весомости параметров требований безопасности с отметками об их значимости

Коэффициент весомости	Стандартное значение ошибки с вычислением $b_0$	Отметка о значимости	Коэффициент весомости	Стандартное значение ошибки	Отметка о значимости	Итог
0,040393	0,010613	Значим	0,037699	0,013582	Значим	Совпадает
0,14594	0,032262	Значим	0,083751	0,040069	Значим	Не совпадает
0,123168	0,041464	значим	0,032868	0,051051	Не значим	Совпадает
0,152483	0,045377	значим	0,083046	0,057007	Не значим	Совпадает
0,134274	0,052922	Значим	0,053197	0,066483	Не значим	Не совпадает
0,243372	0,089967	Значим	-0,17757	0,093049	Не значим	Не совпадает
0,130876	0,029025	Значим	0,098909	0,036802	Значим	Совпадает
0,127878	0,04886	значим	0,033609	0,060681	Не значим	Совпадает
0,141132	0,023351	Значим	0,164799	0,029653	Значим	Совпадает
0,170722	0,025916	Значим	0,150194	0,033016	Значим	Совпадает
0,096035	0,021816	Значим	0,048477	0,026858	Не значим	Совпадает
0,114575	0,022058	Значим	0,100405	0,028149	Значим	Совпадает
0,096897	0,04278	Значим	-0,038	0,050266	Не значим	Не совпадает
0,168405	0,016911	Значим	0,183557	0,021514	Значим	Совпадает

0,124241	0,035208	Значим	0,065651	0,044077	Не значим	Совпадает
----------	----------	--------	----------	----------	-----------	-----------

Не значимые коэффициенты не будут учитываться в формуле комплексного коэффициента безопасности. Параметры, оставшиеся значимыми для нахождения контрольного значения:

- ширина остановочной площадки;
- длина ОП;
- расстояние ОП относительно друг друга;
- наличие заездного кармана;
- наличие пешеходных ограждений;
- размещение пешеходного перехода;
- наличие дорожной разметки.

Сравним полученные значения коэффициентов весомости при вычислении в случае отсутствия свободного члена для остановочных пунктов, на которых произошли ДТП в период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г., и с учетом остановочных пунктов, на которых за этот период не происходили ДТП. В таблице 4.8 приведены сравнительные данные.

Таблица 4.8 – Сравнительные данные о полученных значениях коэффициентов весомости при вычислении в случае отсутствия свободного члена

Коэффициент весомости	Значения ко- эффициента весомости	Отметка о значимости	Значения ко- эффициента весомости с учетом новых ОП	Отметка о значимости	Изменения значений, %
$\alpha_1$	0,026425	Значим	0,037699	Значим	29,9
$\alpha_2$	0,016666	Не значим	0,083751	Значим	80,1
$\alpha_3$	0,005481	Не значим	0,032868	Не значим	83,3
$\alpha_4$	-0,00881	Не значим	0,083046	Не значим	89,4
$\alpha_5$	0,043958	Не значим	0,053197	Не значим	17,4
$\alpha_6$	0,048496	Не значим	-0,17757	Не значим	72,7
$\alpha_7$	0,062047	Значим	0,098909	Значим	37,3
$\alpha_8$	0,005003	Не значим	0,033609	Не значим	85,1
$\alpha_9$	0,095381	Значим	0,164799	Значим	42,1



$\alpha_{10}$	0,121149	Значим	0,150194	Значим	2,9
$\alpha_{11}$	0,044892	Значим	0,048477	Не значим	7,4
$\alpha_{12}$	0,061595	Значим	0,100405	Значим	38,7
$\alpha_{13}$	0,015634	Не значим	-0,038	Не значим	58,9
$\alpha_{14}$	0,062201	Значим	0,183557	Значим	66,1
$\alpha_{15}$	0,109701	Значим	0,065651	Не значим	40,2

Разница в полученных значениях достаточно велика, что может быть связано с тем, что остановочные пункты, на которых не происходили ДТП с пострадавшими, также могут иметь недостатки в организации движения, тем не менее, имеют оценку аварийности равную 1.

4.2.2 Оценка полученных коэффициентов весомости с помощью дополнительной регрессионной статистики

Полученные значения коэффициентов весомости при вычислении в случае отсутствия свободного члена отличаются друг от друга: разные значения коэффициентов весомости для остановочных пунктов, на которых произошли ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г., и с учетом остановочных пунктов, на которых не происходили ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. Для выбора значений коэффициентов весомости, которые будут использованы в конечной формуле, оценим результаты с помощью дополнительной регрессионной статистики.

В таблице 4.9 приведены значения коэффициентов детерминации для каждого случая вычисления.

Таблица 4.9 – Значения коэффициентов детерминации для каждого варианта вычисления

Вариант вычисления	Значение $R^2$
Данные по остановочным пунктам, на которых произошли ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. (при вычислении свободного члена)	0,806272
Данные по остановочным пунктам, на которых произошли ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г.	0,993708

Данные по остановочным пунктам, на которых произошли ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г., с учетом остановочных пунктов, на которых не происходили ДТП (при вычислении свободного члена)	0,850696
Данные по остановочным пунктам, на которых произошли ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г., с учетом остановочных пунктов, на которых не происходили ДТП	0,979143

Наибольшее значение коэффициента детерминации получено при расчете по данным об остановочных пунктах, на которых произошли ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. Значение близко к 1, а это значит, что существует достоверная зависимость между параметрами требований безопасности остановочных пунктов и аварийности на них.

Найдем значение коэффициента корреляции при расчете по данным об остановочных пунктах, на которых произошли ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г.:

$$R = \sqrt{R^2}, \quad (4.2)$$

$$R = \sqrt{0,993708} = 0,996849.$$

Значение коэффициента корреляции очень близко к единице, что говорит о том, что точность подбора уравнения регрессии – высокая.

Определяем значимость коэффициента корреляции по критерию Стьюдента:

$$T_{набл} = R \frac{\sqrt{n - m - 1}}{\sqrt{1 - R^2}}, \quad (4.3)$$

$$T_{набл} = 0,996849 \frac{\sqrt{92 - 15 - 1}}{\sqrt{1 - 0,993708}} = 109,557425.$$

По таблице критических значений t-критерия Стьюдента определяем теоретическое значение  $T_{кр}$  при числе степеней свободы  $df = 76$  и доверительной

вероятности  $\beta = 0,95$  (уровне значимости  $\alpha = 0,05$ ). Значение  $T_{кр} = 1,9916726$ . Поскольку  $T_{набл} > T_{кр}$ , то отклоняем гипотезу о равенстве нулю коэффициента корреляции, то есть коэффициент корреляции статистически значим.

В таблице 4.10 приведены расчеты значимости коэффициентов корреляции для каждого варианта сбора данных.

Таблица 4.10 – Расчеты значимости коэффициентов корреляции для каждого варианта сбора данных

Вариант вычисления	Значение R	Число степеней свободы df	$T_{набл}$	$T_{кр}$
Данные по остановочным пунктам, на которых произошли ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. (при вычислении свободного члена)	0,897927	76	17,7849	1,9916726

Окончание таблицы 4.10

Вариант вычисления	Значение R	Число степеней свободы df	$T_{набл}$	$T_{кр}$
Данные по остановочным пунктам, на которых произошли ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г.	0,996849	77	109,5574	1,9912544
Данные по остановочным пунктам, на которых произошли ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г., с учетом остановочных пунктов, на которых не происходили ДТП (при вычислении свободного члена)	0,922332	96	23,38768	1,9849843

Данные по остановочным пунктам, на которых произошли ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г., с учетом остановочных пунктов, на которых не происходили ДТП	0,989517	97	67,13249	1,9844675
---	----------	----	----------	-----------

Исходя из значений  $T_{\text{набл}} > T_{\text{кр}}$  в таблице 4.10, в каждом варианте вычисления коэффициент корреляции статистически значим.

Для того, чтобы убедиться, что полученное уравнение с достаточной степенью достоверности, адекватно описывает исследуемый процесс используем критерий Фишера. Наблюдаемое значение  $F_{\text{набл}}$  выводится в таблице дополнительной регрессионной статистики при выполнении функции ЛИНЕЙН MSExcell. В таблице 4.11 приведены значения для проверки уравнения на адекватность согласно критерию Фишера для уровня значимости  $\alpha = 0,05$  при  $f_1$  – число степеней свободы большей дисперсии,  $f_2$  – число степеней свободы меньшей дисперсии.

Таблица 4.11 – Значения для проверки уравнения на адекватность согласно критерию Фишера

Вариант вычисления	Число степеней свободы $f_1$	Число степеней свободы $f_2$	$\Phi_{\text{эмп}}$	$\Phi_{\text{кр}}$
Данные по остановочным пунктам, на которых произошли ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. (при вычислении свободного члена)	76	76	21,08677	1,35
Данные по остановочным пунктам, на которых произошли ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г.	77	77	810,6883	1,35

Данные по остановочным пунктам, на которых произошли ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г., с учетом остановочных пунктов, на которых не происходили ДТП (при вычислении свободного члена)	96	96	36,46561	1,26
Данные по остановочным пунктам, на которых произошли ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г., с учетом остановочных пунктов, на которых не происходили ДТП	97	97	303,5795	1,26

По таблице 4.11 видим, что  $\Phi_{\text{эмп}} > \Phi_{\text{кр}}$  в случае каждого варианта расчетов, а это значит, что модель с достаточной степенью достоверности, адекватно описывает исследуемый процесс.

Таким образом, для конечного уравнения комплексного коэффициента безопасности принимаем коэффициенты весомости, при которых коэффициент детерминации наиболее близок к 1. То есть будет верна формула (4.1), которая и будет использоваться в дальнейших расчетах и выводах.

#### **4.3 Оценка значимости связи каждого из параметров с комплексным коэффициентом безопасности остановочных пунктов**

Для того чтобы определить, существует ли статистически достоверная взаимосвязь между каждым из параметров безопасности остановочных пунктов городского наземного транспорта и комплексным коэффициентом безопасности, необходимо найти коэффициент корреляции.

В таблице 4.12 приведены значения коэффициентов корреляции для каждого параметра безопасности остановочных пунктов.

Таблица 4.12 – Значения коэффициентов корреляции для каждого параметра безопасности остановочных пунктов

№ п/п	Коэффициент соответствия требованиям	Значения коэффициента весомости	Значения коэффициента корреляции
-------	--------------------------------------	---------------------------------	----------------------------------

1	$K_{ш}$	0,026425	0,2021
2	$K_{д}$	0,016666	0,1583
3	$K_{о}$	0,005481	0,0612
4	$K_{в}$	-0,00881	0,1499
5	$K_{шп}$	0,043958	0,1499
6	$K_{дп}$	0,048496	0,1369
7	$K_{вн}$	0,062047	0,3297
8	$K_{п}$	0,005003	0,1268
9	$K_{к}$	0,095381	0,5641
10	$K_{свет}$	0,121149	0,4974
11	$K_{по}$	0,044892	0,1658
12	$K_{пп}$	0,061595	0,3350
13	$K_{пер}$	0,015634	0,0637
14	$K_{р}$	0,062201	0,5013
15	$K_{з}$	0,109701	0,4412

Все значения коэффициентов корреляции получились положительными, соответственно при увеличении значения коэффициента соответствия требованиям безопасности увеличивается и значение комплексного коэффициента безопасности остановочных пунктов.

Наименьшее значение коэффициента корреляции наблюдается для  $K_{пер}$  «расположение остановочного пункта относительно перекрестка», его значение близко к 0, что говорит о слабой корреляции.

Наиболее высокие значения коэффициента корреляции соответствуют  $K_{к}$  (наличие заездного кармана),  $K_{р}$  (наличие разметки, соответствующей требованиям),  $K_{свет}$  (наличие освещения). Но и для приведенных параметров значение коэффициента корреляции недостаточно высоко, чтобы говорить о сильной корреляции.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что только совокупное влияние всех параметров соответствия требованиям влияет на комплексный коэффициент безопасности.

Далее необходимо определить существует ли взаимосвязь между параметрами безопасности остановочных пунктов. В таблице 4.13 приведены значения коэффициентов корреляции для параметров соответствия требованиям безопасности остановочных пунктов городского общественного транспорта.

Значения коэффициентов корреляции для параметров соответствия требованиям безопасности остановочных пунктов городского общественного транспорта показывают, что между всеми параметрами слабая корреляция. Максимальное значение коэффициента корреляции достигает 0,274291 между параметрами «ширина посадочной площадки» и «длина посадочной площадки», что значительно ниже [1]. Минимальное значение коэффициента корреляции равно - 0,0075 между параметрами «расположение относительно перекрестка» и «наличие разметки соответствующей требованиям».

Отрицательное значение коэффициента корреляции говорит о том, что взаимосвязь между параметрами обратная, то есть при увеличении одного параметра другой – уменьшается. Отрицательная корреляция наблюдается между следующими параметрами:

- «шириной остановочной площадки» и «состоянием дорожной одежды», «наличием освещения», «наличием пешеходных ограждений», «расположением относительно перекрестка», «наличием дорожных знаков»;

- «длиной остановочной площадки» и «высотой посадочной площадки», «расстоянием остановочных пунктов относительно друг друга», «наличием и состоянием автопавильона», «наличием пешеходных ограждений», «расположением относительно перекрестка»;

- «состоянием дорожной одежды» и «высотой посадочной площадки», «расстоянием остановочных пунктов относительно друг друга», «наличием пешеходных ограждений», «расположением относительно перекрестка», «наличием дорожных знаков»;

- «высотой посадочной площадки» и «длиной посадочной площадки», «наличием освещения»;

Таблица 4.13 – Значения коэффициентов корреляции для параметров соответствия требованиям безопасности остановочных пунктов городского общественного транспорта

		Значения коэффициентов корреляции для														
		К <sub>ш</sub>	К <sub>д</sub>	К <sub>о</sub>	К <sub>в</sub>	К <sub>шп</sub>	К <sub>дп</sub>	К <sub>вн</sub>	К <sub>п</sub>	К <sub>к</sub>	К <sub>свет</sub>	К <sub>по</sub>	К <sub>пп</sub>	К <sub>пер</sub>	К <sub>р</sub>	К <sub>з</sub>
Значения коэффициентов корреляции для	К <sub>ш</sub>		0,1203	-0,07053	0,10638	0,104359	0,03783	0,06829	0,07245	0,10945	-0,22821	-0,10986	0,089957	-0,02935	0,007204	-0,01898
	К <sub>д</sub>			0,10684	-0,2324	0,14265	0,09214	-0,02987	-0,04378	0,13392	0,03046	-0,18772	0,011558	-0,11616	0,075601	0,036933
	К <sub>о</sub>				-0,0254	0,13365	0,02966	-0,09632	0,09807	0,05765	0,10555	-0,14303	0,077724	-0,07283	0,048143	-0,03492
	К <sub>в</sub>					0,06827	-0,02553	0,13710	0,10743	0,0807	-0,02895	0,072044	0,102063	0,081483	0,054366	0,146069
	К <sub>шп</sub>						0,27429	0,00968	0,05398	0,129933	-0,09588	-0,07334	0,040221	-0,15631	0,084769	-0,02145
	К <sub>дп</sub>							0,08030	-0,01645	0,11579	-0,02566	-0,02581	-0,09219	-0,05073	0,048373	0,052301
	К <sub>вн</sub>								0,07707	0,13571	0,03923	-0,05902	0,12591	0,042489	0,093635	-0,0367
	К <sub>п</sub>									0,18762	-0,0143	-0,08733	-0,06876	-0,14519	0,180999	-0,01222
	К <sub>к</sub>										0,07227	0,040445	0,02945	-0,0099	0,080055	0,092076
	К <sub>свет</sub>											0,061048	-0,00843	0,15802	0,125755	0,066919
	К <sub>по</sub>												-0,13369	-0,03349	0,016294	0,063812
	К <sub>пп</sub>													0,129204	-0,0075	0,150726
	К <sub>пер</sub>														-0,06455	-0,0667
	К <sub>р</sub>															0,136032
	К <sub>з</sub>															



- «шириной посадочной площадки» и «наличием освещения», «наличием пешеходных ограждений», «расположением относительно перекрестка», «наличием дорожных знаков»;

- «длиной посадочной площадки» и «наличием и состоянием автопавильона», «наличием освещения», «наличием пешеходных ограждений», «размещением пешеходного перехода», «расположением относительно перекрестка»;

- «расстоянием остановочных пунктов относительно друг друга» и «наличием пешеходных ограждений», «наличием дорожных знаков»;

- «наличием и состоянием автопавильона» и «наличием освещения», «наличием пешеходных ограждений», «размещением пешеходного перехода», «расположением относительно перекрестка», «наличием дорожных знаков»;

- «наличием заездного кармана» и «расположением относительно перекрестка»;

- «наличием освещения» и «размещением пешеходного перехода»;

- «наличием пешеходных ограждений» и «размещением пешеходного перехода», «расположением относительно перекрестка»;

- «размещением пешеходного перехода» и «наличием дорожной разметки»;

- «расположением относительно перекрестка» и «наличием дорожной разметки», «наличием дорожных знаков».

Однако, взаимосвязь между параметрами требований безопасности остановочных пунктов слабая, поэтому нельзя установить закономерность изменения одного параметра при изменении другого. Соответственно в модели подобраны такие параметры требований безопасности остановочных пунктов, изменение которых в совокупности влияет на комплексный коэффициент безопасности, при этом каждый из параметров остается самостоятельной величиной.

#### **4.4 Анализ парных эффектов для математической модели комплексного коэффициента безопасности**

Для выполнения полного факторного плана эксперимента необходимо оценить эффекты взаимодействия параметров требований безопасности.

Эффект взаимодействия двух факторов называется эффектом первого порядка. Математическая модель комплексного коэффициента безопасности примет вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2. \quad (4.4)$$

Чтобы найти число возможных взаимодействия некоторого порядка, можно воспользоваться обычной формулой числа сочетаний [42]:

$$C_k = \frac{k!}{m!(k-m)!}, \quad (4.5)$$

где  $k$  – число факторов;

$m$  – число элементов взаимодействия.

Тогда для комплексного коэффициента безопасности остановочных пунктов городского общественного транспорта:

$$C_{15}^{112} = \frac{15!}{112!(15-112)!}.$$

Математическая модель комплексного коэффициента безопасности будет состоять из 120 элементов при полном факторном эксперименте. Для выполнения расчетов в программе MS Excel уравнение слишком велико, поэтому проверим парные эффекты частично.

При расчете коэффициентов весомости с учетом свободного члена коэффициент детерминации принимает значение менее 0,5, соответственно находим решения без учета свободного члена.

Рассчитаем математическую модель с учетом всех коэффициентов параметров безопасности и парных эффектов между  $K_1$  и четырнадцатью оставшимися коэффициентами. Полученная модель примет вид:

$$K_{Bj} = 0,429252K_{ш}K_{к} + 0,242509K_{ш}K_{р}. \quad (4.6)$$

При данном варианте расчета коэффициент детерминации равен  $R^2 = 0,978851$ , что достаточно велико. Однако при большом количестве незначимых коэффициентов не можем принять данную формулу верной.

Проверим парные эффекты для максимального числа элементов – 64, то есть в математической модели будут присутствовать, кроме всех коэффициентов параметров безопасности, парные эффекты между  $K_1$  и четырнадцать оставшихся коэффициентов, парные эффекты между  $K_2$  и тринадцать оставшихся коэффициентов, парные эффекты между  $K_3$  и двенадцать оставшихся коэффициентов, парные эффекты между  $K_4$  и одиннадцать оставшихся коэффициентов. Полученная модель примет вид:

$$K_B = 4,015157K_o - 3,52892K_e - 1,32393K_k + 1,255307K_{no} + 0,652106K_{ш}K_k - 1,2109K_oK_{шп} + 0,75947K_oK_k - 1,17965K_oK_z + 1,914338K_eK_{шп} + 1,004725K_eK_{св} \quad (4.7)$$

Для уточнения коэффициентов весомости отбросим незначимые парные эффекты:

$$K_B = 0,663787K_e - 1,35393K_{шп} + 0,083592K_{он} + 0,151013K_p + 0,637097K_z + 0,495598K_oK_k - 0,63619K_oK_z + 1,016604K_eK_{шп} + 0,570271K_eK_{св} \quad (4.8)$$

В формуле (4.8) всего два элемента отрицательные в отличие от формулы (4.7). Последний вариант расчета также имеет близкий к 1 коэффициент детерминации  $R^2 = 0,976731$ . За счет меньшего числа незначимых членов математическая модель более точно описывает изучаемый процесс. Так как  $T_{набл} > T_{кр}$ , в каждом варианте вычисления коэффициент корреляции статистически значим.

$\Phi_{эмп} > \Phi_{кр}$  в случае каждого варианта расчетов, а это значит, что модель с достаточной степенью достоверности, адекватно описывает исследуемый процесс.

Сравнивая формулы (4.7) и (4.8), видим, что ранее значимые парные эффекты  $K_{ш}K_k$  и  $K_oK_{шп}$ , стали незначимыми, также практически вполовину снизилась значимость парных эффектов  $K_eK_{св}$ ,  $K_eK_{шп}$ ,  $K_oK_z$  и  $K_oK_k$ . Но в сравнении с формулой (4.1) коэффициенты весомости принимают намного большие значения, но теряется значимость важных параметров требований безопасности, таких как:

- наличие пешеходных ограждений;
- расположение пешеходного перехода.

Таким образом, на модель влияют эффекты взаимодействия следующих параметров требований безопасности:

- состояние дорожной одежды и наличие заездного кармана;
- состояние дорожной одежды и наличие дорожных знаков;
- высота посадочной площадки и ширина посадочной площадки;
- высота посадочной площадки и наличие освещения.

#### **4.5 Классификация остановочных пунктов городского общественного транспорта в зависимости от значения комплексного коэффициента безопасности**

По формуле (4.1) был рассчитан комплексный коэффициент безопасности для остановочных пунктов, на которых произошли ДТП за период с 01.01.2018

г. по 31.12.2018 г. и на которых ДТП в указанный период не происходили. Результаты расчета приведены в таблице Г.2.

В таблице 4.16 приведены интервалы значений комплексного коэффициента безопасности при указанном количестве пострадавших в ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г.

Таблица 4.16 – Интервалы значений комплексного коэффициента безопасности при указанном количестве пострадавших в ДТП за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г.

Количество пострадавших за период, чел.	Количество случаев	Минимальное значение $K_B$	Максимальное значение $K_B$
3	2	0,257148	0,276584
2	3	0,387577	0,431087
1	87	0,474579	0,695825
0	20	0,63259	0,7117225

Минимальное значение  $K_B$  на остановочном пункте, на котором за предыдущий период не происходили ДТП, меньше максимального значения  $K_B$  на остановочном пункте, на котором произошло ДТП с одним пострадавшим. Соответственно, в обоих случаях на остановочных пунктах существуют недостатки в организации дорожного движения, но ДТП могло произойти во втором случае, как ввиду несовершенства организации дорожного движения, так и ввиду нарушения ПДД участниками происшествия, не связанного с особенностями ОДД.

В таблице 4.17 приведены краткие сведения по ДТП на остановочных пунктах городского общественного транспорта, для которых значение комплексного коэффициента безопасности выше, чем минимальное значение  $K_B$  на остановочном пункте, на котором за предыдущий период не происходили ДТП.

Таблица 4.17 – Краткие сведения по ДТП на остановочных пунктах городского общественного транспорта, для которых значение комплексного коэффициента безопасности выше, чем минимальное значение  $K_B$  на остановочном пункте, на котором за предыдущий период не происходили ДТП

Наименование ОП	Дата ДТП, время суток	Влияние недостатков ОДД согласно сведений ГИБДД	Нарушенные требования по параметрам безопасности
Рабочий поселок	26.12.2018 г., 19:10 (темное время суток)	Дорожное покрытие обработано противогололедными материалами, освещение включено. Недостатки ОДД не установлены.	Недостаточная высота посадочной площадки, автопавильон открытого типа, нарушение расположения ОП относительно перекрестка, дорожная разметка стерта
Театр оперы и балета	10.12.2018 г., 10:50 (светлое время суток)	Дорожное покрытие обработано противогололедными материалами. Недостатки ОДД не установлены.	Недостаточная высота посадочной площадки, автопавильон открытого типа, отсутствуют пешеходные ограждения.
ул. Сергея Лазо	10.11.2018 г., 20:30 (темное время суток)	Дорожное покрытие сухое, освещение включено. Недостатки ОДД не установлены.	Недостаточная высота посадочной площадки, автопавильон открытого типа, недостаточная ширина заездного кармана.
Быковского	31.10.2018 г., 12:15 (светлое время суток)	Отсутствие, плохая различимость горизонтальной разметки проезжей части. Дорожное покрытие сухое.	Недостаточная высота посадочной площадки, автопавильон открытого типа, нарушение расположения ОП относительно перекрестка, дорожная разметка стерта.
ул. Матросова	05.10.2018 г., 11:30 (светлое время суток)	Дорожное покрытие сухое. Недостатки ОДД не установлены.	Недостаточная длина остановочной площадки, недостаточная ширина и длина посадочной площадки, автопавильон открытого типа.

Окончание таблицы 4.17

Наименование ОП	Дата ДТП, время суток	Влияние недостатков ОДД согласно сведений ГИБДД	Нарушенные требования по параметрам безопас- ности
Медицинский уни- верситет	14.09.2018 г., 14:00 (светлое время суток)	Дорожное покрытие сухое. Недостатки ОДД не установлены.	Недостаточная длина остановочной площад- ки, неровности покры- тия остановочной пло- щадки, автопавильон открытого типа, отсут- ствие пешеходных ограждений, дорожная разметка стерта.
Краснодарская	04.04.2018 г., 09:10 (светлое время суток)	Отсутствие, плохая различимость горизон- тальной разметки про- езжей части. Дорожное покрытие сухое.	Недостаточная ширина остановочной площад- ки, недостаточная высо- та посадочной площад- ки, автопавильон откры- того типа.
Регистрационная палата	29.03.2018 г., 16:00 (светлое время суток)	Дорожное покрытие сухое. Недостатки ОДД не установлены.	Недостаточная высота посадочной площадки, автопавильон открытого типа, отсутствие пеше- ходных ограждений

Сотрудниками ГИБДД отмечены недостатки ОДД только на двух остано-  
вочных пунктах городского общественного транспорта: на остановочном пунк-  
те «Краснодарская» и на остановочном пункте «Быковского». На обоих остано-  
вочных пунктах отсутствует или плохо различима горизонтальная разметки  
проезжей части. Дорожная разметка необходима для упорядочения движения  
транспортных средств на проезжей части, соответственно её отсутствие могло  
повлиять на правильность расположения автомобилей и создать заведомо ава-  
рийную обстановку.

На всех остановочных пунктах, приведенных в таблице 4.17, в результате обследования были обнаружены недостатки ОДД, следовательно травматизм на остановочных пунктах напрямую связан с уровнем обустройства объекта дорожно-транспортной инфраструктуры.

Таким образом, принимаем уровень «безопасного остановочного пункта» при значении комплексного коэффициента более 0,65.

В соответствии с проведенным анализом по таблицам 4.16 и 4.17 устанавливаем следующую классификацию остановочных пунктов по уровню обеспечения безопасности:

- неопасные остановочные пункты при  $K_B > 0,65$ ;
- малоопасные остановочные пункты при  $0,47 < K_B < 0,65$ ;
- опасные остановочные пункты  $0,35 < K_B < 0,47$ ;
- очень опасные остановочные пункты  $0,35 < K_B$ .

На рисунке 4.5 приведено распределение обследованных остановочных пунктов согласно разработанной классификации.

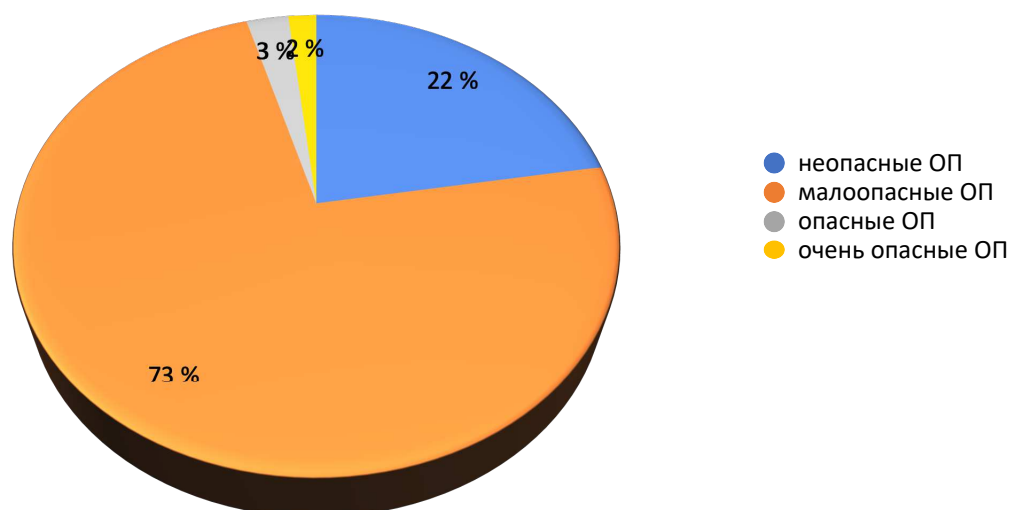


Рисунок 4.5 – Распределение обследованных остановочных пунктов согласно классификации по уровню обеспечения безопасности

По рисунку 4.5 видно, что большая (73 %) часть среди обследованных остановочных пунктов относится к малоопасным, то есть уровень организации дорожного движения остановочных пунктов требует доработки недостатков, но вероятность ДТП на них не так высока, поэтому реконструкция может быть отложена до внесения её в планы при распределении бюджета.

Также 5% остановочных пунктов относятся к опасным и очень опасным, а соответственно требуют срочного совершенствования организации дорожного движения согласно требований нормативно-технической документации.

Несмотря на то, что согласно рисунку 4.1 общее количество нарушений на 93 остановочных пунктов составляет около 540, больший процент остановочных пунктов все же считаются малоопасными. Это связано с тем, что не каждое нарушение напрямую в полной мере влияет на вероятность возникновения ДТП.

#### 4.6 Выводы по четвертой главе

В четвертой главе были оценены 113 остановочных пунктов, на 93 из которых за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. произошли ДТП с пострадавшими.

В рамках обследования остановочных пунктов города Красноярска выявили несоответствия существующей схемы организации требованиям нормативно-правовым актам Российской Федерации.

Отдельно были рассмотрены следующие параметры:

- обустройство остановочного пункта пассажирским павильоном;
- состояние дорожной разметки;
- расстояние между остановочными пунктами встречных направлений;
- высота посадочной площадки.

Приведенные параметры являются наиболее проблемными для города Красноярска, ввиду количества их нарушений, а возможность устранения их недостатков в условиях сложившейся застройки не представляет сложности.

Согласно полученных значений коэффициентов весомости можно сделать выводы о том, какие мероприятия по совершенствованию ОДД должны проводиться в первую очередь при выполнении работ по обустройству остановочных пунктов городского общественного транспорта. Таким образом, расположим параметры соответствия требованиям по обустройству остановочных пунктов по их влиянию на комплексный коэффициент безопасности:

1. наличие освещения ( $K_{\text{свет}} = 0,121149$ );
2. наличие дорожных знаков ( $K_z = 0,109701$ );
3. наличие «заездного» кармана ( $K_k = 0,095381$ );
4. наличие дорожной разметки и правильность ее нанесения ( $K_p = 0,062201$ );
5. расстояние между остановочными пунктами встречных направлений ( $K_{\text{вн}} = 0,062047$ );
6. расположение наземного пешеходного перехода относительно остановочного пункта ( $K_{\text{пп}} = 0,061595$ );
7. наличие пешеходных ограждений ( $K_{\text{по}} = 0,044892$ );



8. ширина остановочной площадки ( $K_{ш} = 0,026425$ ).

Необходимо понимать, что вне зависимости от того, на каком пункте стоит тот или иной параметр, каждый из них влияет на значение комплексного коэффициента безопасности, а, следовательно, на аварийность остановочного пункта.

Проверена верность расчетов значений коэффициентов весомости, добавив данные о параметрах остановочных пунктов, на которых за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. не происходили ДТП с пострадавшими. Значения дополнительной регрессионной статистики подтверждают верность решения. Коэффициент корреляции близок к 1, что говорит о том, что существует достоверная зависимость между параметрами требований безопасности остановочных пунктов и аварийности на них. Согласно критерию Стьюдента и критерию Фишера модель с достаточной степенью достоверности, адекватно описывает исследуемый процесс.

Также проверена взаимосвязь между параметрами требований безопасности остановочных пунктов. Корреляция между параметрами слабая, поэтому нельзя установить закономерность изменения одного параметра при изменении другого. Соответственно в модели подобраны такие параметры требований безопасности остановочных пунктов, изменение которых в совокупности влияет на комплексный коэффициент безопасности, при этом каждый из параметров остается самостоятельной величиной.

Также была предложена классификация остановочных пунктов городского общественного транспорта по уровню обеспечения безопасности. Согласно предложенной классификации обследованные остановочные пункты были распределены на:

- неопасные остановочные пункты (22 %);
- малоопасные остановочные пункты (73%);
- опасные остановочные пункты (3%);
- очень опасные остановочные пункты (2%).

В зависимости от уровня обеспечения безопасности на остановочном пункте необходимо принимать решение об его обустройстве, чем опаснее остановочный пункт, тем скорее необходимо устранить недостатки организации дорожного движения, так как от этого зависит аварийность и количество пострадавших в результате происшествия.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Провели исследование состояния остановочных пунктов городского общественного транспорта на предмет соответствия требованиям нормативно-правовых актов Российской Федерации. На 100 % обследованных остановочных пунктах города Красноярска были выявления несоответствия требованиям, всего было обнаружено 540 нарушений.

Установили зависимость между параметрами требований ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог» и уровнем обеспечения безопасности объекта транспортно-дорожной инфраструктуры, а также разработали математическую модель этой зависимости.

С учетом результатов обследования остановочных пунктов города Красноярска и аварийности на рассматриваемых объектах статистическим методом установили степень влияния параметров требований безопасности на комплексный коэффициент безопасности. Согласно полученным коэффициентам весомости для параметров соответствия требованиям по обустройству остановочных пунктов ранжировали их по влиянию на комплексный коэффициент безопасности:

1. наличие освещения ( $K_{\text{свет}} = 0,121149$ );
2. наличие дорожных знаков ( $K_z = 0,109701$ );
3. наличие «заездного» кармана ( $K_k = 0,095381$ );
4. наличие дорожной разметки и правильность ее нанесения ( $K_p = 0,062201$ );
5. расстояние между остановочными пунктами встречных направлений ( $K_{\text{вн}} = 0,062047$ );
6. расположение наземного пешеходного перехода относительно остановочного пункта ( $K_{\text{пп}} = 0,061595$ );
7. наличие пешеходных ограждений ( $K_{\text{по}} = 0,044892$ );
8. ширина остановочной площадки ( $K_{\text{ш}} = 0,026425$ ).

Согласно полученных значений коэффициентов весомости можно сделать выводы о том, какие мероприятия по совершенствованию ОДД должны проводиться в первую очередь при выполнении работ по обустройству остановочных пунктов городского общественного транспорта.

При проверке модели на адекватность доказали, что модель достаточно точно описывает исследуемый процесс и может быть использована при проведении практических работ.

Ранжировали обследованные остановочные пункты города Красноярска в зависимости от уровня обеспечения безопасности:

- неопасные остановочные пункты (22 %);
- малоопасные остановочные пункты (73%);
- опасные остановочные пункты (3%);

- очень опасные остановочные пункты (2%).

Согласно полученных результатов ранжирования должно приниматься решение о срочности реорганизации остановочного пункта. Чем выше степень опасности остановочного пункта, тем короче срок определяемый на его переустройство.

Таким образом, безопасность нахождения на остановочных пунктах имеет корреляционную зависимость от параметров организации дорожного движения, которые установлены ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог» при выполнении требований стандартов, сведенных в Перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Таможенного союза.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Рыбин, А. Л. Показатели риска ДТП для оценки участков автомобильных дорог при аудите безопасности дорожного движения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rosdornii.ru/files/08-12-14/5-2.pdf>.

2 Зедгенизов, А. В. Повышение эффективности дорожного движения на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта :дисс. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Зедгенизов Антон Викторович. – Иркутск, 2008. – 128 с.

3 Димова, И.П. Повышение эффективности функционирования остановочных пунктов городского пассажирского транспорта и движения транспортных средств в зоне их влияния :дисс. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Димова Ирина Петровна. – Тюмень, 2009. – 176 с.

4 Кондратьев, В.Д. О реализации национальной стратегии повышения безопасности дорожного движения / В.Н. Кирьянов, В.Д. Кондратьев // Организация и безопасность движения в крупных городах. Сборник докладов восьмой международной конференции. – Санкт-Петербург, 2008. – 460 с.

5 Кажаяев, А. А. Снижение конфликтных ситуаций на остановочных пунктах маршрутных сетей городского пассажирского транспорта :дисс. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Кажаяев Андрей Александрович. – Москва, 2012. – 198 с.

6 Клявин, В.Э. Разработка научных методов повышения уровня системной безопасности дорожного движения : д-р техн. наук : 05.22.10 / Клявин Владимир Эрнстович. – Липецк, 2017. – 331 с.

7 Саркисова, В.Г. Уголовно-правовое обеспечение безопасности объектов транспортной инфраструктуры : канд. юрид. наук : 12.00.08 / Саркисова Виктория Глебовна. – Краснодар, 2014. – 192 с.

8 Введение в профессиональную деятельность по расследованию и экспертизе ДТП : учеб.пособие / А.Ю. Артемов, Р.А. Кораблев, Г.А. Денисов, Р.А. Сподарев. – Воронеж :М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2014. – 99 с.

9 Автомобили и тракторы. Основы эргономики и дизайна: учебник для студентов вузов/ И.С. Степанов, А.Н. Евграфов, А. Л. Карунин, В.В. Ломакин, В.М. Шарипов; под общ.ред. В.М. Шарипова. – Москва: МГТУ «МАМИ», 2002. – 230 с.

10 Влияние элементов системы водитель - автомобиль - дорога – среда на безопасность дорожного движения: Учебное пособие / И.С. Степанов, Ю.Ю. Покровский, В.В. Ломакин, Ю.Г. Москалева. – Москва : МГТУ «МАМИ», 2011. – 171 с.

11 Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения : учеб.для ВУЗов. – Москва : Транспорт, 1993. – 271 с.

12 Липенков, А. В. Повышение эффективности функционирования городского пассажирского транспорта на основе управления пропускной способностью остановочных пунктов :дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Липенков Александр Владимирович. – Нижний Новгород, 2015. – 154 с.

13 Чигаева, Н. Н. Организация остановок общественного транспорта и пешеходных зон в г. Чите: проблемы и перспективы / Н.Н. Чигаева // Молодой ученый. – 2015. – №14. – С. 654–659.

14 Дудников, А. Н. Методика оценки безопасности движения городского пассажирского маршрутного транспорта в зонах остановок / А.Н. Дудников // Вестник Автомобильно-дорожного института ДонНТУ. – 2016. – №1(18). – С. 12–26.

15 ГОСТ Р 52766-2007 Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования. – Введ. 01.07.2008. – Москва :Стандартинформ, 2008. – 29 с.

16 ГОСТ Р 52607-2006 Технические средства организации дорожного движения. Ограждения дорожные удерживающие боковые для автомобилей. Общие технические требования. – Введ. 01.01.2008. – Москва :Стандартинформ, 2007. – 16 с.

17 СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. – Введ. 01.07.2017. – Москва :Стандартинформ, 2017. – 56 с.

18 СП 396.1325800.2018 Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования. – Введ. 02.02.2019. – Москва :Стандартинформ, 2019. – 85 с.

19 ГОСТ Р 52289-2004 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. – Введ. 01.01.2006. – Москва :Стандартинформ, 2006. – 146 с.

20 ГОСТ Р 51256-2018 Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования. – Введ. 01.06.2018. – Москва :Стандартинформ, 2018. – 41 с.

21 ГОСТ Р 52290-2004 Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования. – Введ. 01.01.2006. – Москва :Стандартинформ, 2006. – 44 с.

22 ОСТ 218.1.002-2003 Автобусные остановки на автомобильных дорогах. Общие технические требования. – Введ. 01.06.2003. – Москва :ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР», 2003. – 19 с.

23 ТР ТС 014/2011 Безопасность автомобильных дорог. [Электронный ресурс] : Технический регламент Таможенного союза 014/2011 утв. 18.10.2011 Комиссией Таможенного союза // Библиотека нормативной документации. – Введ. 15.02.2015. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru>.

24 Ивченко, Г. И. Математическая статистика : учеб.для ВУЗов / Г.И. Ивченко, Ю.И. Медведев. – Москва : Книжный дом, 2014. – 352 с.

25 Армадеров, Р. Г. Основы теории движения транспортных средств на пневматических движителях / Р.Г. Армадеров // Судебная автотехническая экспертиза. Часть 2 : пособие / В.А. Иларионов [и др.]. – Москва, 1980. – Гл. 1. – С. 5 – 92.

26 Попков, В. Н. Научно-исследовательская деятельность : учебное пособие / В.Н. Попков. – Омск :СибГУФК, 2007. – 332 с.

27. Красюк А.В., Майер А.А. Разработка методики комплексной оценки безопасности остановочных пунктов общественного транспорта // Пр. Свободный. 2018. С. 777–780.

28. Енина, В.В. Оценка эффективности организации дорожного движения улично-дорожной (УДС) города / В.В. Енина, А.С. Дьяченко // Приоритетные научные направления и критические технологии. – Новосибирск, 2017. – с. 47-55.

29. ОДМ 218.2.020-2012 Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог. – Введ. 17.02.2012. – Москва : ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР», 2012. – 144 с.

30. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб.пособие для вузов / В.Е. Гмурман. – 9-е изд., стер. – Москва : Высшая школа, 2003. – 479 с.

31. Михайлов А.Ю., Головных И.М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов. Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.

32. ГОСТ 32953-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Разметка дорожная. Технические требования. – Введ. 01.10.2015. – Москва, Стандартинформ, 2019. – 22 с.

33. Множественный коэффициент корреляции [Электронный ресурс] : множественная регрессия. // Электронный учебник по статистике StatSoft. – Режим доступа: <http://statsoft.ru>.

34. Коэффициент детерминации [Электронный ресурс] : множественная регрессия. // Электронный учебник по статистике StatSoft. – Режим доступа: <http://statsoft.ru>.

35. Фёрстер, Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа :уководство для экономистов / Э. Фёрстер, Б. Рёнц; перевод с нем. и пред. В. М. Ивановой. – Москва : «Финансы и статистика», 1983. – 304 с.
36. Теория планирования эксперимента [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.А. Реброва. – Электрон.дан. – Омск :СибАДИ, 2016. – Режим доступа: <http://bek.sibadi.org/fulltext/esd104.pdf>.
37. Хамханов, К. М. Основы планирования эксперимента : метод. пособие для студентов специальностей 190800 и 072000 / К.М. Хамханов. – Улан-Удэ : ВСГУТУ, 2001. – 94 с.
38. Трушков, А. С. Высшая математика. Множественный линейный регрессионный анализ. Оценка функциональной зависимости параметров энергоустановки [Электронный ресурс]: инструкция для выполнения лабораторных работ / А.С. Трушков, К.А. Родионов. – Электрон. Дан. – Коломенское : КИ МГОУ, 2003. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/2264776>.
39. Основные статистики и критерий Стьюдента [Электронный ресурс] : применение методов. // Глобальный интеллектуальный ресурс beta-version. – Режим доступа: <http://statistica.ru>.
- 40 Титкова, Л. С. Математические методы в психологии : учебно-метод. пособие / Л.С. Титкова. – Владивосток: изд. Дальневосточного университета, 2002.
- 41 СТО 4.2–07–2014 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Введ. 07.2014. – Красноярск : ИПК СФУ, 2014. – 60 с.
- 42 Кане, М. М. Основы исследований, изобретательства и инновационной деятельности в машиностроении : учебник / М.М. Кане. – Минск : Вышэйшая школа, 2018. – 366 с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**Форма протокола осмотра остановочного пункта городского**  
**общественного транспорта**





**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
**Сведения о ДТП с пострадавшими на остановочных пунктах за период**  
**с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г.**







**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
**Результаты натурного исследования параметров остановочного пункта**  
**городского общественного транспорта**









**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**  
**Результаты натурного исследования остановочных пунктов, на которых за  
период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. не происходили ДТП**



**ПРИЛОЖЕНИЕ Д**  
**Расчет показателя относительной аварийности**







**ПРИЛОЖЕНИЕ Е**  
**Результаты расчетов коэффициентов весомости по данным**  
**об остановочных пунктах города Красноярска**





**ПРИЛОЖЕНИЕ Ж**  
**Результаты расчета комплексного коэффициента безопасности**  
**для остановочных пунктов города Красноярска**







**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**  
**Результаты расчета парных эффектов**




**ПРИЛОЖЕНИЕ И**  
**Презентационный материал**



Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
кафедра транспорта

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Е.С. Воеводин

подпись

«\_\_» \_\_\_\_ 2020 г.


**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

«Совершенствование нормативов и методов оценки  
соответствия объектов транспортно-дорожной инфраструктуры  
(остановочные пункты) требованиям технического регламента о  
безопасности автомобильных дорог»

23.04.01 «Технология транспортных процессов»

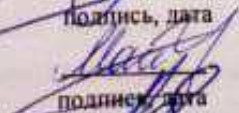
23.04.01.02 «Оценка соответствия и экспертиза безопасности на транспорте»

Научный руководитель


  
д-р техн. наук, проф.

И.М. Блянкинштейн

Выпускник

  
А.А. Майер

Рецензент

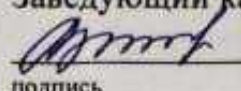
  
начальник отдела транспорта К.В. Козлов

Красноярск 2020

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
кафедра транспорта

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Е.С. Воеводин  
подпись

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме магистерской диссертации**



Студенту Майер Анастасии Андреевне  
Группа ФТ18-06М направление (специальность) 23.04.01 «Технология  
транспортных процессов»

Тема выпускной квалификационной работы «Совершенствование нормативов и методов оценки соответствия объектов транспортно-дорожной инфраструктуры (остановочные пункты) требованиям технического регламента о безопасности автомобильных дорог»

Утверждена приказом по университету № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Руководитель ВКР И.М. Блянкинштейн, д-р техн. наук, профессор

Исходные данные для ВКР: сведения о ДТП с пострадавшими за период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. в городе Красноярске

Перечень разделов ВКР:

- 1 Анализ состояния вопроса. Цель и задачи исследования.
- 2 Расчет комплексного коэффициента безопасности на участках УДС.
- 3 Методика проведения исследования.
- 4 Результаты проведенного исследования.

Перечень графического материала: Приложение 3 «Презентационный материал»

Руководитель ВКР



И.М. Блянкинштейн

Задание принял к исполнению



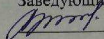
А.А. Майер

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
кафедра транспорта

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Е.С. Воеводин

подпись

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

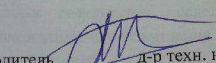
**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

«Совершенствование нормативов и методов оценки  
соответствия объектов транспортно-дорожной инфраструктуры  
(остановочные пункты) требованиям технического регламента о  
безопасности автомобильных дорог»

23.04.01 «Технология транспортных процессов»

23.04.01.02 «Оценка соответствия и экспертиза безопасности на транспорте»

Научный руководитель

  
подпись, дата

д-р техн. наук, проф.

И.М. Блянкинштейн

Выпускник

  
подпись, дата

А.А. Майер

Рецензент

  
подпись, дата

начальник отдела транспорта К.В. Козлов

Красноярск 2020